

# Modulhandbuch

für den Studiengang

Bachelor of Science Mechatronik

(Prüfungsordnungsversion: 2009)

für das Wintersemester 2024/25

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Berufspraktische Tätigkeit (B.Sc. Mechatronik 2009) (1995).....              | 6   |
| Berufspraktische Tätigkeit (B.Sc. Mechatronik 2009) (1996).....              | 8   |
| Bachelorarbeit (B.Sc. Mechatronik 2009) (1999).....                          | 10  |
| Mathematik für ME 1 (67810).....                                             | 12  |
| Mathematik für ME 2 (67820).....                                             | 14  |
| Mathematik für ME 3 (67830).....                                             | 16  |
| Digitaltechnik (92510).....                                                  | 18  |
| Grundlagen der Elektrotechnik I (92560).....                                 | 20  |
| Grundlagen der Elektrotechnik II (92570).....                                | 22  |
| Grundlagen der Elektrotechnik III (92580).....                               | 24  |
| Halbleiterbauelemente (92590).....                                           | 26  |
| Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik für EEI,ME,BP,INF,Math (92620).....  | 28  |
| Regelungstechnik A (Grundlagen) (92650).....                                 | 30  |
| Schaltungstechnik (92660).....                                               | 32  |
| Sensorik (92670).....                                                        | 34  |
| Eingebettete Systeme (93030).....                                            | 36  |
| Grundlagen der Informatik (93060).....                                       | 39  |
| Systemnahe Programmierung in C (93170).....                                  | 41  |
| Dynamik starrer Körper (94500).....                                          | 44  |
| Grundlagen der Messtechnik (94510).....                                      | 46  |
| Produktionstechnik I und II (94570).....                                     | 55  |
| Technische Darstellungslehre (94590).....                                    | 58  |
| Statik und Festigkeitslehre (94660).....                                     | 64  |
| Grundlagen der Produktentwicklung für Mechatronik (94700).....               | 67  |
| Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik (95010).....                     | 73  |
| Praktikum Mechatronische Systeme (95040).....                                | 76  |
| Werkstoffkunde für Mechatronik (95630).....                                  | 78  |
| Wahlpflichtmodule                                                            |     |
| 1 Regelungstechnik                                                           |     |
| Ereignisdiskrete Systeme (92430).....                                        | 82  |
| Robotics 1 (92519).....                                                      | 84  |
| Numerical Optimization and Model Predictive Control (92528).....             | 86  |
| Nonlinear Control Systems (92529).....                                       | 88  |
| Robotics 2 (92535).....                                                      | 90  |
| Schätzverfahren in der Regelungstechnik (94961).....                         | 92  |
| Digitale Regelung (97360).....                                               | 93  |
| Machine Learning for Control Systems (94967).....                            | 95  |
| Modeling of Control Systems (92241).....                                     | 97  |
| 2 Sensorik und Autonome Systeme                                              |     |
| Seminar Human-Robot Interaction (47667).....                                 | 99  |
| Human-centered mechatronics and robotics (92345).....                        | 100 |
| Seminar Autonomous Systems and Mechatronics (92346).....                     | 102 |
| Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....                        | 103 |
| Robot mechanisms and user interfaces (92359).....                            | 105 |
| Perception in Robotics (42801).....                                          | 107 |
| 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik                               |     |
| Power electronics for decentral energy systems (42919).....                  | 110 |
| Halbleitertechnik III - Leistungshalbleiterbauelemente (HL III) (92523)..... | 114 |
| Berechnung und Auslegung Elektrischer Maschinen (96040).....                 | 116 |
| Elektrische Antriebstechnik II (96120).....                                  | 118 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Elektrische Kleinmaschinen (96130).....                                             | 121 |
| Elektrische Maschinen II (96160).....                                               | 123 |
| Hochleistungsstromrichter für die Elektrische Energieversorgung (96230).....        | 125 |
| Pulsumrichter für elektrische Antriebe (96370).....                                 | 127 |
| Elektrische Antriebstechnik I (96540).....                                          | 129 |
| Elektrische Maschinen I (96570).....                                                | 132 |
| Elektromagnetische Verträglichkeit (96580).....                                     | 134 |
| Leistungselektronik (96630).....                                                    | 136 |
| Schaltnetzteile (96670).....                                                        | 139 |
| Thermisches Management in der Leistungselektronik (96680).....                      | 141 |
| Electric Drives (92321).....                                                        | 142 |
| <b>4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme</b>                         |     |
| Modellierung und Simulation von Schaltungen und Systemen (43911).....               | 145 |
| Test integrierter Schaltungen (44000).....                                          | 149 |
| Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (HLT I) (92513)..... | 153 |
| Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (HL I) (92521).....                            | 155 |
| Halbleitertechnik V - Halbleiter- und Bauelementemesstechnik (HL V) (92525).....    | 157 |
| Architekturen der digitalen Signalverarbeitung (96010).....                         | 159 |
| Digitale elektronische Systeme (96090).....                                         | 161 |
| Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (96260).....                            | 163 |
| Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik (96410).....                        | 165 |
| Analoge elektronische Systeme (96500).....                                          | 167 |
| Entwurf integrierter Schaltungen I (96590).....                                     | 169 |
| Entwurf Integrierter Schaltungen II (96600).....                                    | 171 |
| Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer (96740).....                            | 173 |
| Halbleitertechnik II - CMOS-Technik (HL II) (92522).....                            | 175 |
| Quantenelektronik I - Tunnel- und "Quantum Well"-Bauelemente (92543).....           | 177 |
| Quantenelektronik II - Spintronik und Quantum Computation (92544).....              | 179 |
| <b>5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme</b>                                          |     |
| Hochfrequenzmesstechnik (145947).....                                               | 182 |
| Photonik 1 (92390).....                                                             | 184 |
| Optische Übertragungstechnik (92400).....                                           | 186 |
| Komponenten optischer Kommunikationssysteme (92410).....                            | 188 |
| Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten (92610).....                             | 190 |
| Hochfrequenztechnik (92720).....                                                    | 192 |
| Antennen (96000).....                                                               | 194 |
| HF-Schaltungen und Systeme (96220).....                                             | 196 |
| Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (RWS) (96316).....                          | 198 |
| Photonik 2 (96350).....                                                             | 200 |
| Bildgebende Radarsysteme (96381).....                                               | 202 |
| <b>6 Informatik / Eingebettete Systeme</b>                                          |     |
| Reconfigurable Computing with extended exercises (43190).....                       | 205 |
| Hardware-Software-Co-Design (43490).....                                            | 208 |
| Parallele Systeme (43510).....                                                      | 210 |
| Pattern Analysis (44120).....                                                       | 213 |
| Pattern Recognition (44130).....                                                    | 216 |
| Introduction to Machine Learning (65718).....                                       | 219 |
| Sichere Systeme (93105).....                                                        | 222 |
| Reinforcement Learning (93185).....                                                 | 224 |
| Verteilte Systeme (95280).....                                                      | 226 |
| Security in Embedded Hardware (172338).....                                         | 229 |
| Echtzeitsysteme mit erweiterten Übungen (179490).....                               | 231 |
| Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit erweiterter Übung) (292952).....         | 236 |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Hardware-Software-Co-Design (502509).....                                                                                                            | 239 |
| Künstliche Intelligenz II (532733).....                                                                                                              | 242 |
| Künstliche Intelligenz I (535405).....                                                                                                               | 244 |
| Cyber-Physical Systems (636348).....                                                                                                                 | 246 |
| Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen) (649073).....                                                                                              | 248 |
| Echtzeitsysteme (Vorlesung mit Übungen) (707303).....                                                                                                | 251 |
| Computer vision (713618).....                                                                                                                        | 256 |
| Parallele Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen) (740665).....                                                                                  | 258 |
| Verteilte Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen) (743260).....                                                                                  | 261 |
| Verlässliche Echtzeitsysteme (Vorlesung mit Übungen) (876012).....                                                                                   | 264 |
| Deep Learning (901895).....                                                                                                                          | 267 |
| <b>7 Technische Mechanik</b>                                                                                                                         |     |
| Nichtlineare Finite Elemente / Nonlinear Finite Elements (44260).....                                                                                | 270 |
| Computational multibody dynamics (92860).....                                                                                                        | 272 |
| Methode der Finiten Elemente (94550).....                                                                                                            | 274 |
| Lineare Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics (97130).....                                                                                 | 277 |
| Technische Schwingungslehre (97190).....                                                                                                             | 280 |
| Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear Continuum Mechanics (97260).....                                                                         | 283 |
| Numerische und experimentelle Modalanalyse (97265).....                                                                                              | 285 |
| Mehrkörperdynamik (97270).....                                                                                                                       | 289 |
| Geometrische numerische Integration (97277).....                                                                                                     | 293 |
| <b>8 Konstruktion</b>                                                                                                                                |     |
| Technische Produktgestaltung (97110).....                                                                                                            | 296 |
| Wälzlagertechnik (97115).....                                                                                                                        | 301 |
| Methodisches und rechnerunterstütztes Konstruieren (97160).....                                                                                      | 305 |
| Integrierte Produktentwicklung (97250).....                                                                                                          | 310 |
| <b>9 Laser- und Umformtechnik</b>                                                                                                                    |     |
| Karosseriebau (48600).....                                                                                                                           | 316 |
| Lasersystemtechnik I: Hochleistungslaser für die Materialbearbeitung: Bauweisen, Grundlagen der Strahlführung und –formung, Anwendungen (95360)..... | 318 |
| Lasertechnik / Laser Technology (97150).....                                                                                                         | 320 |
| Umformtechnik (97200).....                                                                                                                           | 322 |
| Lasertechnik Vertiefung (97280).....                                                                                                                 | 324 |
| Lasersystemtechnik II: Lasersicherheit, Integration von Lasern in Maschinen, Steuerungs- und Automatisierungstechnik (97283).....                    | 326 |
| Umformtechnik Vertiefung (97290).....                                                                                                                | 328 |
| Laser in der Medizintechnik (988980).....                                                                                                            | 330 |
| Moderne Fertigungstechnologien und Methoden der Datenverarbeitung (95341).....                                                                       | 332 |
| Karosseriebau - Warmumformung und Korrosionsschutz (95380).....                                                                                      | 333 |
| Karosseriebau - Werkzeugtechnik (95370).....                                                                                                         | 335 |
| Maßgeschneiderte Prozesstechnologien (94535).....                                                                                                    | 336 |
| Maschinen und Werkzeuge der Umformtechnik (95150).....                                                                                               | 338 |
| Ecodesign in der Produktionstechnik (97295).....                                                                                                     | 340 |
| <b>10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik</b>                                                                                            |     |
| Kunststofftechnik - Technologie der Verbundwerkstoffe (46900).....                                                                                   | 342 |
| Kunststoff- Fertigungstechnik (46910).....                                                                                                           | 344 |
| Kunststoffe und Ihre Eigenschaften (46950).....                                                                                                      | 346 |
| International Supply Chain Management (94920).....                                                                                                   | 348 |
| Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Produktion und Service (94946).....                                                                           | 350 |
| Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Design und Engineering (94947).....                                                                           | 352 |
| Grundlagen der Robotik (94951).....                                                                                                                  | 354 |
| Machine Learning for Engineers - Introduction to Methods and Tools (95067).....                                                                      | 356 |
| Konstruieren mit Kunststoffen (95250).....                                                                                                           | 358 |

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kunststoffverarbeitung (95260).....                                                                            | 360 |
| Die Werkzeugmaschine als mechatronisches System (95270).....                                                   | 362 |
| Automotive Engineering I (95340).....                                                                          | 364 |
| Mechatronische Systeme im Maschinenbau II (95350).....                                                         | 366 |
| Ressourceneffiziente Produktionssysteme (96905).....                                                           | 368 |
| Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine (96910).....                                                               | 370 |
| Produktionsprozesse der Zerspanung (96915).....                                                                | 372 |
| Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz (96920).....                                                | 374 |
| Gießereitechnik 1 (97086).....                                                                                 | 376 |
| Produktionssystematik (97101).....                                                                             | 381 |
| Handhabungs- und Montagetechnik (97121).....                                                                   | 383 |
| Produktionsprozesse in der Elektronik (97122).....                                                             | 385 |
| Integrated Production Systems (97123).....                                                                     | 387 |
| Kunststoff-Eigenschaften und -Verarbeitung (97141).....                                                        | 389 |
| Kunststoff-Fertigungstechnik und -Charakterisierung (97231).....                                               | 392 |
| Kunststofftechnik II (97320).....                                                                              | 395 |
| Industrie 4.0 für Ingenieure (319238).....                                                                     | 398 |
| MIDFLEX - Molded Interconnect Devices und flexible Schaltungsträger (380151).....                              | 400 |
| Kunststoffcharakterisierung und -analytik (528791).....                                                        | 402 |
| Wertschöpfungsprozesse von Kabelsystemen für die Mobilität der Zukunft (92840)...                              | 404 |
| Machine Learning for Engineers II: Advanced Methods (95068).....                                               | 407 |
| Produktion elektrischer Motoren und Maschinen (94952).....                                                     | 409 |
| Advanced Systems Engineering von Produktionsanlagen (ASEP) (97304).....                                        | 411 |
| Data Acquisition, Processing and Analysis in Manufacturing Engineering and Material Science (vhb) (93480)..... | 413 |
| <b>11 Messtechnik und Qualitätsmanagement</b>                                                                  |     |
| Fertigungsmesstechnik II (96925).....                                                                          | 417 |
| Rechnergestützte Messtechnik (96930).....                                                                      | 422 |
| Qualitätsmanagement (97246).....                                                                               | 427 |
| Fertigungsmesstechnik I (97247).....                                                                           | 430 |
| Prozess- und Temperaturmesstechnik (97248).....                                                                | 440 |

|   |                                 |                                                                                           |                 |
|---|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>1995 | <b>Berufspraktische Tätigkeit (B.Sc. Mechatronik 2009)</b><br>Practical Internship        | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen             | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! |                 |
| 3 | Lehrende                        | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! |                 |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Das Modul vermittelt praktische Erfahrungen in einem studiengangbezogenen Berufsfeld.</p> <p>Während des Bachelor-Studienganges sollten vorwiegend betriebstechnische Praktika durchgeführt werden. Ingenieurnahe Tätigkeiten sind möglich.</p> <p>Betriebstechnisches Praktikum:<br/>Eingliederung der Studierenden in Arbeitsumfelder mit überwiegend ausführendem Tätigkeitscharakter, z.B. Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung, Reparatur, Prüfung und Qualitätskontrolle, Anlagenbetrieb, ...</p> <p>Ingenieurnahes Praktikum:<br/>Eingliederung der Studierenden in Arbeitsumfelder von Ingenieurinnen und Ingenieuren oder entsprechend qualifizierten Personen mit überwiegend entwickelndem, planendem oder lenkendem Tätigkeitscharakter, z.B. Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Berechnung, Versuch, Projektierung, Produktionsplanung, Produktionssteuerung, Betriebsleitung, Ingenieurdienstleistungen, ...</p> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die praktische Ausbildung soll Einblicke in die Organisation und soziale Struktur eines Industriebetriebes geben sowie an die berufliche Tätigkeit von Ingenieuren und Ingenieurinnen heranführen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden ihre im Studienverlauf erworbenen Fachkompetenzen in berufspraktischen Betätigungsfeldern der Mechatronik an.</li> <li>• Die Studierenden wenden Ihre im Studienverlauf erworbenen Methoden-, Informations-, Kommunikations- und Präsentationskompetenzen in berufspraktischen Betätigungsfeldern der Mechatronik an.</li> <li>• Die Studierenden erwerben für den Berufsalltag grundlegende Kompetenzen des Selbst- und Zeitmanagements.</li> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegende, für den Berufsalltag erforderliche Sozialkompetenzen.</li> </ul>                                                                                                |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | <p>Praktikumsleistung (12 Wochen)</p> <p>Für das Bestehen des Bachelor-Studienganges ist eine praktische Tätigkeit im Umfang von mindestens 10 Wochen nachzuweisen.</p> <p>Als Nachweis sind folgende Unterlagen einzureichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktikumszeugnis</li> <li>• Praktikumsberichte (Pro Woche ist ein technischer Bericht, im Umfang von 1 ½ DIN A4 Seiten anzufertigen der die Arbeiten einer Woche oder besondere Details (Arbeitsablauf, Methoden...) der erbrachten Leistungen beschreibt und Skizzen enthalten soll. Möglich ist es auch, einen Praktikumsbericht in entsprechendem Umfang über den gesamten Ausbildungsabschnitt zu erstellen.)</li> <li>• Tätigkeitsnachweise (Es werden Tätigkeitsnachweise geführt. Diese werden stichpunktartig ausgefüllt. Für jeden Tag und jede Woche muss die Anzahl der Gesamtstunden angegeben werden.)</li> </ul> <p>Bitte beachten Sie, dass der Praktikumsbericht und die Tätigkeitsnachweise von Ihnen unterschrieben und von der Firma freigegeben sein muss!</p> <p>Die Praktikumsunterlagen sind online unter: <a href="https://praktikumsamt.eei.tf.fau.de">https://praktikumsamt.eei.tf.fau.de</a> einzureichen.</p> <p>Die berufspraktische Tätigkeit kann in jedem Semester abgeleistet werden.</p> <p>Eine im Bachelorstudium abgeleistete freiwillige berufspraktische Tätigkeit, die über den Umfang des Pflichtpraktikums im Bachelorstudium (10 Wochen) hinausgeht, kann für das Masterstudium angerechnet werden.</p> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Praktikumsleistung (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 300 h<br>Eigenstudium: 0 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|   |                                 |                                                                                           |                |
|---|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>1996 | <b>Berufspraktische Tätigkeit (B.Sc. Mechatronik 2009)</b><br>Practical Internship        | <b>10 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen             | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! |                |
| 3 | Lehrende                        | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! |                |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Das Modul vermittelt praktische Erfahrungen in einem studiengangbezogenen Berufsfeld.</p> <p>Während des Bachelor-Studienganges sollten vorwiegend betriebstechnische Praktika durchgeführt werden. Ingenieurnahe Tätigkeiten sind möglich.</p> <p>Betriebstechnisches Praktikum:<br/>Eingliederung der Studierenden in Arbeitsumfelder mit überwiegend ausführendem Tätigkeitscharakter, z.B. Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung, Reparatur, Prüfung und Qualitätskontrolle, Anlagenbetrieb, ...</p> <p>Ingenieurnahes Praktikum:<br/>Eingliederung der Studierenden in Arbeitsumfelder von Ingenieurinnen und Ingenieuren oder entsprechend qualifizierten Personen mit überwiegend entwickelndem, planendem oder lenkendem Tätigkeitscharakter, z.B. Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Berechnung, Versuch, Projektierung, Produktionsplanung, Produktionssteuerung, Betriebsleitung, Ingenieurdienstleistungen, ...</p> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die praktische Ausbildung soll Einblicke in die Organisation und soziale Struktur eines Industriebetriebes geben sowie an die berufliche Tätigkeit von Ingenieuren und Ingenieurinnen heranführen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden ihre im Studienverlauf erworbenen Fachkompetenzen in berufspraktischen Betätigungsfeldern der Mechatronik an.</li> <li>• Die Studierenden wenden Ihre im Studienverlauf erworbenen Methoden-, Informations-, Kommunikations- und Präsentationskompetenzen in berufspraktischen Betätigungsfeldern der Mechatronik an.</li> <li>• Die Studierenden erwerben für den Berufsalltag grundlegende Kompetenzen des Selbst- und Zeitmanagements.</li> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegende, für den Berufsalltag erforderliche Sozialkompetenzen.</li> </ul>                                                                                                |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | <p>Praktikumsleistung (10 Wochen)</p> <p>Für das Bestehen des Bachelor-Studienganges ist eine praktische Tätigkeit im Umfang von mindestens 10 Wochen nachzuweisen.</p> <p>Als Nachweis sind folgende Unterlagen einzureichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktikumszeugnis</li> <li>• Praktikumsberichte (Pro Woche ist ein technischer Bericht, im Umfang von 1 ½ DIN A4 Seiten anzufertigen der die Arbeiten einer Woche oder besondere Details (Arbeitsablauf, Methoden...) der erbrachten Leistungen beschreibt und Skizzen enthalten soll. Möglich ist es auch, einen Praktikumsbericht in entsprechendem Umfang über den gesamten Ausbildungsabschnitt zu erstellen.)</li> <li>• Tätigkeitsnachweise (Es werden Tätigkeitsnachweise geführt. Diese werden stichpunktartig ausgefüllt. Für jeden Tag und jede Woche muss die Anzahl der Gesamtstunden angegeben werden.)</li> </ul> <p>Bitte beachten Sie, dass der Praktikumsbericht und die Tätigkeitsnachweise von Ihnen unterschrieben und von der Firma freigegeben sein muss!</p> <p>Die Praktikumsunterlagen sind online unter: <a href="https://praktikumsamt.eei.tf.fau.de">https://praktikumsamt.eei.tf.fau.de</a> einzureichen.</p> <p>Die berufspraktische Tätigkeit kann in jedem Semester abgeleistet werden.</p> <p>Eine im Bachelorstudium abgeleistete freiwillige berufspraktische Tätigkeit, die über den Umfang des Pflichtpraktikums im Bachelorstudium (10 Wochen) hinausgeht, kann für das Masterstudium angerechnet werden.</p> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Praktikumsleistung (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 300 h<br>Eigenstudium: 0 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|   |                                 |                                                                                           |                  |
|---|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>1999 | <b>Bachelorarbeit (B.Sc. Mechatronik 2009)</b><br>Bachelor's thesis                       | <b>12,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen             | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! |                  |
| 3 | Lehrende                        | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! |                  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Das Modul beinhaltet das Verfassen einer wissenschaftlichen Bachelorarbeit aus dem Bereich der Mechatronik und die Vorstellung der Ergebnisse im Rahmen eines Hauptseminars.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Bachelorarbeit dient dazu, die selbständige Bearbeitung von Aufgabenstellungen der Mechatronik zu erlernen.</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens in ihrem Fachgebiet und können eine begrenzte Fragestellung auf dem Gebiet der Mechatronik selbstständig bearbeiten</li> <li>• setzen sich kritisch mit wissenschaftlichen Ergebnissen aus dem Bereich der Mechatronik auseinander und ordnen diese in den jeweiligen Erkenntnisstand ein</li> <li>• sind in der Lage, die Grundlagen der Forschungsmethodik anzuwenden, z.B. relevante Informationen, insbesondere im eigenen Fach sammeln, eigenständige Projekte zu bearbeiten, (empirische) Daten und Informationen zu interpretieren und zu bewerten bzw. Texte zu interpretieren.</li> <li>• können komplexe fachbezogene Inhalte aus dem Bereich der Mechatronik klar und zielgruppengerecht schriftlich und mündlich) präsentieren und argumentativ vertreten</li> <li>• sind in der Lage, ihren eigenen Fortschritt zu überwachen und steuern</li> <li>• können sich aktiv in die Diskussion bei anderen Vorträgen des Hauptseminars einbringen</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb von mindestens 110 ECTS-Punkten</li> <li>• erfolgreicher Abschluss der Grundlagen- und Orientierungsprüfung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Seminarleistung schriftlich (5 Monate)</p> <p>Die Betreuung erfolgt durch eine am Studiengang Mechatronik beteiligte, hauptberuflich beschäftigte Lehrperson der Departments Elektrotechnik-Elektronik-Informationstechnik, Maschinenbau oder Informatik und ggf. von dieser beauftragte wissenschaftliche Mitarbeiterinnen bzw. Mitarbeiter.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                         | <p>Die Bachelorarbeit soll in ihren Anforderungen so gestaltet sein, dass sie in 300 Stunden abgeschlossen werden kann. Die Zeit von der Vergabe des Themas bis zur Abgabe der Bachelorarbeit beträgt fünf Monate</p> <p>Das Hauptseminar umfasst folgende Punkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer Präsentation über die eigene Bachelorarbeit mit Abgabe der Folien spätestens 1 Woche vor dem eigenen Vortrag bei der Betreuerin bzw. dem Betreuer</li> <li>• Halten des Seminarvortrags (Dauer ca. 20 min Vortrag + ca. 10 min Diskussion)</li> <li>• Hören und Teilnahme an der Diskussion bei mind. 5 anderen Vorträgen des Hauptseminars im lfd. Semester (ggf. bestätigt mit Testkarte bei anderen LS, wenn nicht genügend Vorträge am eigenem LS gehört werden können)</li> </ul> <p>Der Termin für das Vortrag wird von der betreuenden Lehrperson entweder während der Abschlussphase oder nach Abgabe der Bachelorarbeit festgelegt.</p> <p>Die Teilnahme und Vorträge der Studierenden können auch in Abstimmung mit dem betreuenden Lehrstuhl per Videokonferenz erfolgen.</p> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | <p>Seminarleistung (20%)<br/> schriftlich (80%)<br/> Bachelorarbeit: Anteil an der Berechnung der Modulnote: 80.0 %<br/> Hauptseminar: Anteil an der Berechnung der Modulnote: 20.0 %</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Wiederholung der Prüfungen</b>       | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | <p>Präsenzzeit: 30 h<br/> Eigenstudium: 345 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 16 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 17 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|   |                                  |                                                                                                                                                    |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>67810 | <b>Mathematik für ME 1</b><br>Mathematics for ME 1                                                                                                 | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Mathematik für Ingenieure E1: ET,IuK,ME (4 SWS)<br>Übung: IngMathE1U (2 SWS)<br>Übung: Übungen zur Mathematik für Ingenieure E1 (2 SWS) | -<br>-<br>-     |
| 3 | Lehrende                         | PD Dr. Nicolas Neuß                                                                                                                                |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr. Michael Fried                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Grundlagen*<br>Aussagenlogik, Mengen, Relationen, Abbildungen<br>*Zahlensysteme*<br>natürliche, ganze, rationale und reelle Zahlen, komplexe Zahlen<br>*Vektorräume*<br>Grundlagen, Lineare Abhängigkeit, Spann, Basis, Dimension, euklidische Vektor- und Untervektorräume, affine Räume<br>*Matrizen, Lineare Abbildungen, Lineare Gleichungssysteme*<br>Matrixalgebra, Lösungsstruktur linearer Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, inverse Matrizen, Matrixtypen, lineare Abbildungen, Determinanten, Kern und Bild, Eigenwerte und Eigenvektoren, Basis, Ausgleichsrechnung<br>*Grundlagen Analysis einer Veränderlichen*<br>Grenzwert, Stetigkeit, elementare Funktionen, Umkehrfunktionen |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden lernen <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Begriffe und Strukturen der Mathematik</li> <li>• Aufbau des Zahlensystems</li> <li>• sicheren Umgang mit Vektoren und Matrizen</li> <li>• Lösungsmethoden zu linearen Gleichungssystemen</li> <li>• Grundlagen der Analysis und der mathematischen exakten Analysemethoden</li> <li>• grundlegende Beweistechniken in o.g. Bereichen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich (90 Minuten)<br>Übungsleistung<br>Erwerb der Übungsleistung durch Lösung der wöchentlichen Hausaufgaben. Die Lösungen sind in handschriftlicher Form abzugeben.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich (100%)<br>Übungsleistung (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Wiederholung der Prüfungen</b>       | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 17 | <b>Literaturhinweise</b>                | Skripte des Dozenten <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Fried, Mathematik für Ingenieure I für Dummies, Wiley</li> <li>• A. Hoffmann, B. Marx, W. Vogt, Mathematik für Ingenieure 1, Pearson</li> <li>• K. Finck von Finckenstein, J. Lehn et. al., Arbeitsbuch für Ingenieure, Band I, Teubner</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>67820 | <b>Mathematik für ME 2</b><br>Mathematics for ME 2                                                                                                                                    | <b>10 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | apl. Prof. Dr. Martin Gugat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>*Differentialrechnung einer Veränderlichen*</p> <p>Ableitung mit Rechenregeln, Mittelwertsätze, LHospital, Taylor-Formel, Kurvendiskussion</p> <p>*Integralrechnung einer Veränderlichen*</p> <p>Riemann-Integral, Hauptsatz der Infinitesimalrechnung, Mittelwertsätze, Partialbruchzerlegung, uneigentliche Integration</p> <p>*Folgen und Reihen*</p> <p>reelle und komplexe Zahlenfolgen, Konvergenzbegriff und -sätze, Folgen und Reihen von Funktionen, gleichmäßige Konvergenz, Potenzreihen, iterative Lösung nichtlinearer Gleichungen</p> <p>*Grundlagen Analysis mehrerer Veränderlicher*</p> <p>Grenzwert, Stetigkeit, Differentiation, partielle Ableitungen, totale Ableitung, allgemeine Taylor-Formel, Extremwertaufgaben, Extremwertaufgaben mit Nebenbedingungen, Theorem über implizite Funktionen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren Funktionen einer reellen Veränderlichen mit Hilfe der Differentialrechnung</li> <li>• berechnen Integrale von Funktionen mit einer reellen Veränderlichen</li> <li>• stellen technisch-naturwissenschaftliche Problemstellungen mit mathematischen Modellen dar und lösen diese</li> <li>• erklären den Konvergenzbegriff bei Folgen und Reihen</li> <li>• berechnen Grenzwerte und rechnen mit diesen</li> <li>• analysieren und klassifizieren Funktionen mehrerer reeller Veränderlicher an Hand grundlegender Eigenschaften</li> <li>• wenden grundlegende Beweistechniken in o.g. Bereichen an</li> <li>• klassifizieren gewöhnliche Differentialgleichungen nach Typen</li> <li>• wenden elementare Lösungsmethoden auf Anfangswertprobleme bei gewöhnlichen Differentialgleichungen an</li> <li>• wenden allgemeine Existenz- und Eindeigkeitsresultate an</li> <li>• erschließen den Zusammenhang zwischen Analysis und linearer Algebra</li> <li>• wenden die erlernten mathematischen Methoden auf die Ingenieurwissenschaften an</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen die Vorzüge einer regelmäßigen Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffs</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Übungsleistung<br>Klausur (120 Minuten)<br>Erwerb der Übungsleistung durch Lösung der wöchentlichen Hausaufgaben. Die Lösungen sind in handschriftlicher Form abzugeben.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Übungsleistung (0%)<br>Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Wiederholung der Prüfungen</b>        | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 14 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 112 h<br>Eigenstudium: 188 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 17 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Skripte des Dozenten<br><br>v. Finckenstein et.al: Arbeitsbuch Mathematik fuer Ingenieure: Band I Analysis und Lineare Algebra. Teubner-Verlag 2006, ISBN 9783835100343<br><br>A. Hoffmann, B. Marx, W. Vogt, Mathematik für Ingenieure 1, 2, Pearson<br><br>H. Heuser, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Teubner<br><br>M. Fried: Mathematik für Ingenieure I für Dummies. Wiley<br><br>M. Fried: Mathematik für Ingenieure II für Dummies. Wiley<br><br>W. Merz, P. Knabner: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer, 2013 |

|   |                                  |                                                                                           |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>67830 | <b>Mathematik für ME 3</b><br>Mathematics for ME 3                                        | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: IngMathE3U (2 SWS)<br>Vorlesung: Mathematik für Ingenieure E3: ET, IuK, ME (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | apl. Prof. Dr. Maria Neuß                                                                 |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr. Michael Fried                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>*Funktionentheorie:*<br/>Elementare Funktionen komplexer Variablen, holomorphe Funktionen, Integralsatz von Cauchy, Residuentheorie</p> <p>*Vektoranalysis*<br/>Potentiale, Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegrale, Parametrisierung, Transformationssatz, Integralsätze, Differentialoperatoren</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren elementare komplexe Funktionen</li> <li>• überprüfen und beurteilen Eigenschaften dieser Funktionen</li> <li>• wenden den Integralsatz von Cauchy an</li> <li>• wenden die Residuentheorie an</li> <li>• berechnen Integrale über mehrdimensionale Bereiche</li> <li>• beobachten Zusammenhänge zwischen Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegralen</li> <li>• ermitteln Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegrale</li> <li>• wenden grundlegende Differentialoperatoren an.</li> <li>• folgern Aussagen anhand grundlegender Beweistechniken in o.g. Bereichen</li> <li>• beachten die Vorzüge einer regelmäßigen Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | <b>Literaturhinweise</b> | <p>Skripte des Dozenten</p> <p>M. Fried, Mathematik für Ingenieure II für Dummies, Wiley</p> <p>A. Hoffmann, B. Marx, W. Vogt, Mathematik für Ingenieure 1,2, Pearson</p> <p>K. Finck von Finckenstein, J. Lehn et. al., Arbeitsbuch für Ingenieure, Band I und II, Teubner</p> |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                               |                            |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92510 | <b>Digitaltechnik</b><br>Digital technology                                                                                                   | <b>5 ECTS</b>              |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Digit Übung - Parallelgruppe 2 (2 SWS)<br>Übung: Digit Übung - Parallelgruppe 1 (2 SWS)<br>Vorlesung: Vorlesung Digitaltechnik (2 SWS) | 5 ECTS<br>5 ECTS<br>5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Ouadie Touijer<br>Sascha Breun<br>Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer                                                                                |                            |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul gibt eine automatenorientierte Einführung in den Entwurf digitaler Systeme. Mathematische Grundlagen kombinatorischer wie sequentieller digitaler Schaltsysteme werden behandelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Grundlagen</li> <li>• Entwurf kombinatorischer Schaltungen</li> <li>• Analyse kombinatorischer Schaltungen</li> <li>• Funktionsbeschreibung sequentieller Schaltungen</li> <li>• Struktursynthese sequentieller Schaltungen</li> <li>• Analyse sequentieller Schaltungen</li> </ul> <p>Im Rahmen dieses Moduls werden folgende Themen zunehmend vertieft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau von CMOS-Logik-Gattern</li> <li>• Schaltalgebra</li> <li>• Minimierung und Schaltungssynthese mit KVS-Diagrammen</li> <li>• Minimierung und Schaltungssynthese mit dem McCluskey-Verfahren</li> <li>• Zahlensysteme (Binärsystem, Oktalsystem, hexadezimalsystem)</li> <li>• Entwurf und Realisierung von Automaten</li> </ul>                                                                                                                                                                                                |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage</p> <p>Das Prinzip der Komplementärsymmetrie und dessen Bedeutung für die Digitaltechnik zu erläutern sowie grundlegende Gatterschaltungen auf Transistorebene zu zeichnen, zu erläutern und zu analysieren.</p> <p>Schaltfunktionen mathematisch mit Hilfe von schaltalgebraischen Ausdrücken zu beschreiben, diese Ausdrücke aufzustellen, umzuformen und zu minimieren.</p> <p>Verfahren zum systematischen Entwurf von Schaltnetzen zu verstehen und anzuwenden. Dazu gehört das Erstellen einer formalen Spezifikation sowie die Minimierung der spezifizierten Funktion mit Hilfe von z.B. Karnaugh-Veitch-Symmetriediagrammen oder dem Quine-McCluskey Verfahren. Die Studierenden können diese Verfahren anwenden und hinsichtlich ihres Implementierungsaufwands evaluieren.</p> <p>Die interne Darstellung von Zahlen in Digitalrechnern verstehen, verschiedene Darstellungsarten von vorzeichenbehafteten rationalen Zahlen bewertend zu vergleichen, Algorithmen für arithmetische Operationen innerhalb dieser Zahlendarstellungen zu erläutern und anzuwenden und typische Probleme dieser Darstellungsarten zu verstehen.</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | Den Aufbau des Universalrechners nach von Neumann zu erläutern und dessen Komponenten zu verstehen.<br>Anwendungsbereiche und Aufbau von Schaltwerken (Automaten) zu erläutern und den Prozess des Schaltwerksentwurfs von der Problemspezifikation, dem Zeichnen von Automatengraphen über die Minimierung der auftretenden Schaltfunktionen bis hin zur Realisierung des Schaltwerks mit Logikgattern selbständig durchzuführen. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|   |                                  |                                                                                                               |                    |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92560 | <b>Grundlagen der Elektrotechnik I</b><br>Foundations of electrical engineering I                             | <b>7,5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übung GET1 (2 SWS)<br>Übung: Übung GET 1 (2 SWS)<br>Vorlesung: Grundlagen der Elektrotechnik I (4 SWS) | -<br>-<br>7,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Leonard Schwarze<br>Dr.-Ing. Daniel Kübrich<br>Prof. Dr. Bernd Witzigmann                                     |                    |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Bernd Witzigmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Diese Vorlesung bietet einen Einstieg in die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik. Ausgehend von beobachtbaren Kraftwirkungen zwischen Ladungen und zwischen Strömen wird der Begriff des elektrischen und magnetischen Feldes eingeführt. Mit den daraus abgeleiteten integralen Größen Spannung, Strom, Widerstand, Kapazität und Induktivität wird das Verhalten der passiven Bauelemente diskutiert. Am Beispiel der Gleichstromschaltungen werden die Methoden der Netzwerkanalyse eingeführt und Fragen nach Wirkungsgrad und Zusammenschaltung von Quellen untersucht. Einen Schwerpunkt bildet das Faradaysche Induktionsgesetz und seine Anwendungen. Die Bewegungsinduktion wird im Zusammenhang mit den Drehstromgeneratoren betrachtet, die Ruheinduktion wird sehr ausführlich am Beispiel der Übertrager und Transformatoren diskutiert. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Behandlung zeitlich periodischer Vorgänge. Die komplexe Wechselstromrechnung bei sinusförmigen Strom- und Spannungsformen wird ausführlich behandelt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Physikalische Grundbegriffe</li> <li>2. Das elektrostatische Feld</li> <li>3. Das stationäre elektrische Strömungsfeld</li> <li>4. Einfache elektrische Netzwerke</li> <li>5. Das stationäre Magnetfeld</li> <li>6. Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld</li> <li>7. Wechselspannung und Wechselstrom</li> </ol> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Begriff des Feldes zu verstehen,</li> <li>• Gleich- und Wechselstromschaltungen mit Widerständen, Kapazitäten, Induktivitäten und Transformatoren zu entwickeln,</li> <li>• Schwingkreise und Resonanzerscheinungen zu analysieren,</li> <li>• Energie- und Leistungsberechnungen durchzuführen,</li> <li>• Schaltungen zur Leistungsanpassung und zur Blindstromkompensation zu bewerten,</li> <li>• das Drehstromsystem zu verstehen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Wiederholung der Prüfungen</b>        | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 17 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Albach, Elektrotechnik, Pearson Verlag</li> <li>• Manfred Albach: Grundlagen der Elektrotechnik I und II, Pearson-Verlag</li> <li>• Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage</li> <li>• Optional: Übungsbuch, Pearson-Verlag</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92570 | <b>Grundlagen der Elektrotechnik II</b><br>Foundations of electrical engineering II                                                                                                   | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Diese Veranstaltung stellt den zweiten Teil einer 3-semestrigen Lehrveranstaltung über Grundlagen der Elektrotechnik für Studierende der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik im Grundstudium dar. Inhalt ist die Analyse elektrischer Grundsaltungen und Netzwerke aus konzentrierten Bauelementen bei sinus- und nichtsinusförmiger harmonischer Erregung.</p> <p>Nach kurzer Einführung in die komplexe Wechselstromrechnung und den Umgang mit elementaren elektrischen Bauelementen werden zunächst Spannungs- und Stromquellen und ihre Zusammenschaltung mit einer Last sowie die Leistungsübertragung von der Quelle zur Last betrachtet. Nach Herleitung und beispielhafter Anwendung von Methoden und Sätzen zur Berechnung und Vereinfachung elektrischer Schaltungen (Überlagerungssatz, Reziprozitätstheorem, äquivalente Schaltungen, Miller-Theorem etc.) werden zunächst 2-polige Netzwerke analysiert und in einem weiteren Kapitel dann allgemeine Verfahren zur Netzwerkanalyse wie das Maschenstromverfahren und das Knotenpotenzialverfahren behandelt.</p> <p>Die Berechnung der verallgemeinerten Eigenschaften von Zweipolfunktionen bei komplexen Frequenzen führt im verlustlosen Fall zur schnellen Vorhersagbarkeit des Frequenzverhaltens und zu elementaren Verfahren der Schaltungssynthese.</p> <p>Der nachfolgende Teil über mehrpolige Netzwerke konzentriert sich nach der Behandlung von allgemeinen Mehrtoren auf 2-Tore und ihr Verhalten, ihre verschiedenen Möglichkeiten der Zusammenschaltung und die zweckmäßige Beschreibung in verschiedenen Matrixdarstellungen (Impedanz-, Admittanz-, Ketten-, Hybridmatrix). Das Übertragungsverhalten von einfachen und verketteten Zweitoren wird am Beispiel gängiger Filterarten durchgesprochen und das Bode-Diagramm zur schnellen Übersichtsdarstellung eingeführt.</p> <p>Nach allgemeiner Einführung der Fourierreihenentwicklung periodischer Signale wird die Darstellung von nicht sinusförmigen periodischen Erregungen von Netzwerken mittels reeller und komplexer Fourierreihen und die stationäre Reaktion der Netzwerke auf diese Erregung behandelt. Als mögliche Ursache für nichtsinusförmige Ströme und Spannungen in Netzwerken werden nichtlineare Zweipole mit ihren Kennlinienformen vorgestellt und auf die Berechnung des erzeugten Oberwellenspektrums eingegangen.</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Umformung, Analyse und Synthese von einfachen und umfangreicheren Netzwerken bei sinus- und nichtsinusförmiger Erregung in komplexer Darstellung.</li> <li>• können die im Inhalt beschriebenen Verfahren und Methoden der Netzwerkanalyse erklären und auf Schaltungsbeispiele anwenden.</li> <li>• können Verfahren der Netzwerkanalyse hinsichtlich des Rechenaufwandes beurteilen und vergleichen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik 1</li> <li>• Mathematik I</li> <li>• Mathematik II (begleitend)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Elektrotechnik, Albach, M., 2011.</p> <p>Grundlagen der Elektrotechnik - Netzwerke, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2013.</p> <p>(bisher: Grundlagen der Elektrotechnik 3, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2006.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                        |                  |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92580 | <b>Grundlagen der Elektrotechnik III</b><br>Foundations of electrical engineering III                                                                                                  | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Grundlagen der Elektrotechnik III (2 SWS)<br>Vorlesung: Grundlagen der Elektrotechnik III (2 SWS)<br>Tutorium: Tutorium zu Grundlagen der Elektrotechnik III (0 SWS) | -<br>5 ECTS<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle<br>Daniel Andreas                                                                                                                                      |                  |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfang und Bedeutung der elektrischen Messtechnik</li> <li>• Die Grundlagen des Messens</li> <li>• Fourier-Transformation</li> <li>• Laplace-Transformation</li> <li>• Netzwerkanalyse im Zeit- und Laplace-Bereich</li> <li>• Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm</li> <li>• Nichtlineare Bauelemente, Schaltungen und Systeme</li> <li>• Operationsverstärker</li> <li>• Messverstärker</li> <li>• Messfehler</li> <li>• Messung von Gleichstrom und Gleichspannung</li> <li>• Ausschlagbrücken</li> <li>• Abgleichbrücken, Messung von elektrischen Impedanzen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen die behandelten Verfahren gemäß ihrer Eignung für spezifische Probleme (Zeit-/Frequenzbereich, Linear/ Nichtlinear) ein.</li> <li>• wählen geeignete Verfahren zur Analyse elektrischer Netzwerke aus und wenden diese an.</li> <li>• interpretieren die Ergebnisse und zeigen Zusammenhänge zwischen den Lösungsverfahren auf.</li> <li>• kennen einfache Grundsaltungen mit Operationsverstärkern und sind in der Lage, diese zu analysieren.</li> <li>• kennen die behandelten Messschaltungen und ihre Einsatzmöglichkeiten.</li> <li>• analysieren Brückenschaltungen.</li> <li>• wenden grundlegende Konzepte der Messfehlerrechnung auf Messschaltungen an.</li> <li>• reflektieren selbstständig den eigenen Lernprozess und nutzen die Präsenzzeit zur Klärung der erkannten Defizite.</li> </ul> |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Grundlagen der Elektrotechnik I und II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Lehrbuch: Elektrische Messtechnik", R. Lerch, 7. Aufl. 2016, Springer-Verlag<br><br>Übungsbuch: Elektrische Messtechnik Übungen", R. Lerch, M. Kaltenbacher, F. Lindinger, A. Sutor, 2. Aufl. 2005, Springer-Verlag |

|   |                                  |                                                                                                                                                 |                  |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92590 | <b>Halbleiterbauelemente</b><br>Semiconductor devices                                                                                           | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Halbleiterbauelemente (2 SWS)<br>Vorlesung: Halbleiterbauelemente (2 SWS)<br>Tutorium: Tutorium Halbleiterbauelemente (2 SWS) | -<br>5 ECTS<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze<br>Jan Dick                                                                                                         |                  |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | Das Modul Halbleiterbauelemente vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen moderner Halbleiterbauelemente. Zunächst befasst es sich nach einer Einleitung in die moderne Halbleitertechnik und Halbleitertechnologie mit der Behandlung von Ladungsträgern in Metallen und Halbleitern; und es werden die wesentlichen elektronischen Eigenschaften der Festkörper zusammengefasst. Darauf aufbauend werden im Hauptteil der Vorlesung die Grundelemente aller Halbleiterbauelemente pn-Übergang, Schottky-Kontakt und MOS-Varaktor detailliert dargestellt. Damit werden dann zum Abschluss die beiden wichtigsten Transistorkonzepte der Bipolartransistor und der MOS-gesteuerte Feldeffekttransistor (MOSFET) ausführlich behandelt. Ein Ausblick, der die gesamte Welt der halbleiterbasierten Bauelemente für Logik- & Hochfrequenzanwendungen, Speicher- und leistungselektronischen Anwendungen beleuchtet, rundet ab. |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden<br>Fachkompetenz<br>Verstehen <ul style="list-style-type: none"> <li>verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter</li> <li>interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen</li> </ul> Anwenden <ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente</li> <li>berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente</li> <li>übertragen - ausgehend von den wichtigsten Bauelementen, wie Dioden, Bipolartransistoren und Feldeffekttransistoren - diese Funktionsprinzipien auf Weiterentwicklungen für spezielle Anwendungsgebiete wie Leistungselektronik oder Optoelektronik</li> </ul> Analysieren <ul style="list-style-type: none"> <li>diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur</li> </ul>                                                                           |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Grundlagen der Elektrotechnik I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript, am LEB erhältlich</li> <li>• R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002</li> <li>• D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002</li> <li>• Th. Tille, D. Schmitt-Landsiedel: Mikroelektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2004</li> <li>• S.K. Banerjee, B.G. Streetman: Solid State Electronic Devices, Prentice Hall, 2005</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92620 | <b>Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik für EEI,ME,BP,INF,Math</b><br>Laboratory: Foundations of electrical engineering for EECE, ME, BP, CS, math | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Praktikum: Praktikum GET II für EEI (1 SWS, WiSe 2024)                                                                                                | 1,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Jan Steffen Schür                                                                                                                            |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Christopher Beck                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Im Rahmen des Praktikums GET I werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wickelkondensator</li> <li>2. Magnetfeldmessung</li> <li>3. Transformator</li> <li>4. Schwingkreis</li> </ol> <p>Im Rahmen des Praktikums GET II werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ohmsche Netze; Zweitore</li> <li>2. Quelle und Last; reaktiver Zweipol; Bode-Diagramm</li> <li>3. Schaltungssimulation</li> <li>4. Nichtsinusförmige periodische Signale und Fourierreihen</li> </ol> <p>Im Rahmen des Praktikums GET III werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einschwingvorgänge</li> <li>2. nichtlineare Netzwerke</li> <li>3. Messschaltungen</li> <li>4. Brückenschaltung</li> </ol> <p>Die Dauer der einzelnen Versuche entspricht etwa der Dauer von 3-4 Vorlesungsstunden. Nähere Informationen zur Anmeldung und zur Gruppeneinteilung sind im Sekretariat des Lehrstuhls erhältlich bzw. werden am Ende der VL Grundlagen I besprochen.</p> <p>Für die erfolgreiche Teilnahme an den Versuchen wird ein Schein ausgestellt.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messaufbauten mit den grundlegenden Messgeräten wie z.B. Multimeter, Sinusgenerator, Oszilloskop sowie deren Bedienung zu verstehen,</li> <li>• den inneren Aufbau von Kondensatoren und Transformatoren zu analysieren, indem sie einen Kondensator und einen Transformator selber herstellen,</li> <li>• einfache Schaltungen messtechnisch zu analysieren und deren Verhalten zu verstehen,</li> <li>• durch einen Vergleich von gemessenen und berechneten Ergebnissen den Einfluss von parasitären Eigenschaften zu verstehen,</li> <li>• den grundlegenden Umgang mit nichtsinusförmigen periodischen Signalen zu verstehen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Voraussetzung: <ul style="list-style-type: none"> <li>•  Grundlagen der Elektrotechnik I </li> <li>•  Grundlagen der Elektrotechnik II </li> <li>•  Grundlagen der Elektrotechnik III </li> </ul>                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Praktikumsleistung                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Praktikumsleistung (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 36 h<br>Eigenstudium: 39 h                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 3 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterlagen zur Vorlesung  Grundlagen der Elektrotechnik I </li> <li>• Unterlagen zur Vorlesung  Grundlagen der Elektrotechnik II </li> <li>• R. Lerch: Elektrische Messtechnik, Springer, 5. Auflage</li> <li>• Versuchsbeschreibungen</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                               |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92650 | <b>Regelungstechnik A (Grundlagen)</b><br>Control engineering A (Foundations) | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Regelungstechnik A (Grundlagen) (4 SWS)                  | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen                                                  |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul behandelt die Grundlagen der Regelungstechnik und befähigt zur Beschreibung und Untersuchung linearer Systeme und zum Entwurf einfacher und mehrschleifiger Regler im Frequenzbereich. Die Inhalte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik</li> <li>• Modellbildung der Strecke im Zeit und Frequenzbereich und Darstellung als Strukturbild</li> <li>• Analyse des Streckenverhaltens linearer Eingrößensysteme anhand von Übertragungsfunktion und Frequenzgang</li> <li>• Auslegung einschleifiger Regelkreise</li> <li>• Erweiterte Regelkreisstrukturen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik erläutern.</li> <li>• Problemstellungen als Steuerungs- und Regelungsaufgabe identifizieren.</li> <li>• das Streckenverhalten durch ein mathematisches Modell in Form des Strukturbilds beschreiben.</li> <li>• eine Modellvereinfachung durch Linearisierung und Strukturbildumformung durchführen.</li> <li>• aus Übertragungsfunktion und Frequenzgang das qualitative Streckenverhalten ermitteln.</li> <li>• zu einem Frequenzgang Ortskurve und Bode-Diagramm angeben.</li> <li>• den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Regelung angeben und die Zweckbestimmung von Vorsteuerung und Regelung erläutern.</li> <li>• Sollverläufe auf Zulässigkeit überprüfen und realisierbare Vorsteuerungen entwerfen.</li> <li>• die Regelkreis-Stabilität definieren und mit dem Nyquist-Kriterium untersuchen.</li> <li>• entscheiden, wann welcher Reglertyp in Frage kommt und nach welchen Gesichtspunkten dessen Parameter zu wählen sind.</li> <li>• für lineare Eingrößensysteme einen geeigneten Regler entwerfen.</li> <li>• ergänzende Maßnahmen zur Störverhaltensverbesserung beschreiben und zur Anwendung bringen.</li> <li>• die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich weiterführende Frequenzbereichsmethoden der Regelungstechnik selbständig erschließen.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlene Vorkenntnisse: Systemtheorie linearer zeitkontinuierlicher Systeme (inkl. Laplace-Transformation)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Die Summe der in den Online-Tests erzielten Punktzahl wird zu max. 10% auf die Klausurpunktzahl angerechnet. Hiermit ist eine Verbesserung der Klausurbewertung um bis zu 0,7 Notenpunkte möglich. Die Anrechnung erfolgt nur, wenn Sie die Prüfung an sich mit der Mindestnote 4,0 bestanden haben. Der Bonus kann nur einmal im Prüfungszeitraum der Vorlesung angerechnet werden, entweder zum Haupttermin nach Vorlesungsende oder zum Nachholtermin im Folgesemester, wenn der Haupttermin nicht wahrgenommen wurde.                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>Die Summe der in den Online-Tests erzielten Punktzahl wird zu max. 10% auf die Klausurpunktzahl angerechnet. Hiermit ist eine Verbesserung der Klausurbewertung um bis zu 0,7 Notenpunkte möglich. Die Anrechnung erfolgt nur, wenn Sie die Prüfung an sich mit der Mindestnote 4,0 bestanden haben. Der Bonus kann nur einmal im Prüfungszeitraum der Vorlesung angerechnet werden, entweder zum Haupttermin nach Vorlesungsende oder zum Nachholtermin im Folgesemester, wenn der Haupttermin nicht wahrgenommen wurde.                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, 12. Auflage, VDE-Verlag, 2016</li> <li>• M. Horn, N. Dourdoumas. Regelungstechnik, Pearson Studium, 2004</li> <li>• W. Leonhard. Einführung in die Regelungstechnik, 4. Auflage, Vieweg, 1987</li> <li>• J. Lunze. Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 12. Auflage, Springer, 2020</li> <li>• R. Unbehauen. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, 2002</li> <li>• G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1 und 2, Springer, 1995</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92660 | <b>Schaltungstechnik</b><br>Circuit technology                                                                                                                                        | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET</li> <li>• Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten</li> <li>• Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler</li> <li>• Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen</li> <li>• Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweisen von Halbleiterschaltungen wie Dioden- und Transistorgrundsaltungen, Verstärkern, Operationsverstärkern und Analog-Digital-/Digital-Analog-Umsetzern und können diese erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren.</li> <li>• Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                         |            |
|----|-----------------------------------------|------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |            |

|   |                                  |                                                                                                           |                  |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92670 | <b>Sensorik</b><br>Sensor technology                                                                      | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Sensorik (2 SWS)<br>Übung: Übung zu Sensorik (2 SWS)<br>Tutorium: Tutorium zu Sensorik (0 SWS) | 5 ECTS<br>-<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle<br>Matthias Voß                                                           |                  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Sensorik</li> <li>• Wandlerprinzipien</li> <li>• Sensor-Parameter</li> <li>• Sensor-Technologien</li> <li>• Messung mechanischer Größen</li> <li>• Chemo- und Biosensoren</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder</li> <li>• klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte</li> <li>• beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren</li> <li>• kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser</li> <li>• beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen</li> <li>• analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen</li> <li>• zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p>Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg</p> <p>Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden</p> <p>Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer</p> |

|   |                                  |                                                                                                |                      |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>93030 | <b>Eingebettete Systeme</b><br>Embedded systems                                                | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: UE-ES (2 SWS)<br>Vorlesung: Eingebettete Systeme (2 SWS)                                | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Khalil Esper<br>Batuhan Sesli<br>Dominik Walter<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich<br>Frank Hannig |                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Joachim Falk<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Schwerpunkt des Moduls ist der Entwurf und die Implementierung eingebetteter Systeme unter Einsatz formaler Methoden und rechnergestützter Entwurfsverfahren.</p> <p>Unter eingebetteten Systemen versteht man Rechensysteme, die auf einen Anwendungsbereich zugeschnitten (z.B. mobile Kommunikationsgeräte, Chipkartensysteme, Industriesteuerungen, Unterhaltungselektronik, Medizintechnik) und in einen technischen Kontext eingebunden sind. Das große Interesse am systematischen Entwurf von heterogenen eingebetteten Systemen ist verursacht durch die steigende Vielfalt und Komplexität von Anwendungen für eingebettete Systeme, die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken sowie durch Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Methoden).</p> <p><b>Content:</b></p> <p><i>The focus of this module is the design and implementation of embedded systems using formal methods and computer-aided design techniques. Embedded systems are computing systems tailored for a particular application (e.g., mobile communication devices, smart card systems, industrial control, consumer electronics, medical technology) and integrated into a technical context. The keen interest in the systematic design of heterogeneous embedded systems is driven by the increasing diversity and complexity of embedded system applications, the need to reduce design and test costs, and advances in key technologies (microelectronics, formal methods).</i></p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden setzen sich mit einem aktuellen Forschungsgebiet auseinander. The students deal with a current field of research.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte des Entwurfs eingebetteter Systeme. The students become familiar with the fundamental concepts of designing of embedded systems.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an zur Analyse und Optimierung von Hardware-Architekturen und Echtzeit-Softwaresystemen. The students apply basic algorithms to analyze and optimize hardware architectures and real-time software systems.</li> <li>Die Studierenden erfassen den Hardware/Software-Entwurf von Systemen mit harten Beschränkungen. The students understand the hardware/software design of hard-constrained systems.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl der Module „Eingebettete Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)“ und „Eingebettete Systeme (Vorlesung mit Übungen)“ aus.<br/> <i>Selecting this module excludes the selection of the modules “Embedded Systems (Lecture with Extended Exercises)” and “Embedded Systems (Lecture with Exercises)”.</i></p> <p>Organisatorisches:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Der Unterricht erfolgt auf Deutsch. Zusätzlich stehen englische Folien zur Verfügung.</li> <li>Die Übungen zur Lehrveranstaltung werden sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch angeboten.</li> <li>Die Prüfung wird zweisprachig in Deutsch und Englisch gestellt.</li> </ul> <p>Organizational:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The lessons are taught in German. English slides are also available.</li> <li>The exercises for the course are offered in both German and English.</li> <li>The exam is bilingual in German and English.</li> </ul> |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <b>Empfohlenes Buch zur Begleitung und Vertiefung:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

- |  |                                                                                                                                                                                        |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6</li></ul> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Weitere Informationen:

<https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/eingebettete-systeme/>

|   |                                  |                                                                                          |                 |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>93060 | <b>Grundlagen der Informatik</b><br>Foundations of computer science                      | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Gdl - Programmierschuppen (1 SWS)<br>Vorlesung: Grundlagen der Informatik (3 SWS) | -<br>-          |
| 3 | Lehrende                         | Markus Leuschner<br>Dr.-Ing. Frank Bauer                                                 |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Dr.-Ing. Frank Bauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Programmierung</li> <li>• Paradigmen: Imperative-, Objektorientierte- und Funktionale-Programmierung</li> <li>• Datenstrukturen: Felder, Listen, assoziative Felder, Bäume und Graphen, Bilder</li> <li>• Algorithmen: Rekursion, Baum- und Graphtraversierung</li> <li>• Anwendungsbeispiele: Bildverarbeitung, Netzwerkkommunikation, Verschlüsselung, Versionskontrolle</li> <li>• Interne Darstellung von Daten</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen<br/>Studierende können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... einfache Konzepte der theoretischen Informatik darlegen</li> <li>• ... Konzepte der Graphentheorie identifizieren</li> <li>• ... einfachen Konzepte aus der Netzwerkkommunikation und IT-Sicherheit reproduzieren</li> </ul> <p>Verstehen<br/>Studierende können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... Programme und Programmstrukturen interpretieren</li> <li>• ... einfache algorithmische Beschreibungen in natürlicher Sprache verstehen</li> <li>• ... rekursive Programmbeschreibungen in iterative (und umgekehrt) übersetzen</li> <li>• ... wichtiger Konzepte aus der IT-Sicherheit skizzieren</li> <li>• ... Grundlagen der Bildverarbeitung darstellen</li> <li>• ... grundlegende Graphalgorithmen verstehen</li> </ul> <p>Anwenden<br/>Studierende können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... Programme und Programmstrukturen erklären</li> <li>• ... eigenständig objektorientierten Programmieraufgaben lösen</li> <li>• ... Lambda-Ausdrücke handhaben</li> <li>• ... Rekursion auf allgemeine Beispiele anwenden</li> <li>• ... grundlegende Graph-, Baum- und Bildverarbeitungs-Algorithmen implementieren</li> <li>• ... die Darstellung von Informationen (vor allem Zeichen und Zahlen) im verschiedenen Zahlensystemen (vor allem im Binärsystem) berechnen</li> <li>• ... wichtige Konzepte der Client-Server Kommunikation mit Schwerpunkt auf das http-Protokoll anwenden</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>... einfache, sichere Authentifizierungsmechanismen sowie abgesicherter Netzwerkkommunikation benutzen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Übungsleistung<br/>elektronische Prüfung (90 Minuten)<br/>Die Klausur ist eine elektronische, open-book Klausur in Präsenz. Alternativ kan die Prüfung auch als schriftliche Klausur in Präsenz durchgeführt werden.</p> <p>Die Prüfung kann einen Multiple-Choice Anteil enthalten. Zum Bestehen der Klausur muss zudem Folgendes beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Klausur besteht aus Theorie- und Praxispunkten.</li> <li>Zum Bestehen sind Punkte aus beiden Kategorien notwendig (je 20% der in der Kategorie erreichbaren Punkte).</li> <li>Außerdem müssen 50% der insgesamt möglichen Punkte erreicht werden.</li> <li>Es ist nicht möglich, mit Theorie oder Praxis allein zu bestehen.</li> </ul> <p>Der Übungsschein wird vergeben auf das erfolgreiche Absolvieren der Hausaufgaben d.h:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Am Ende des Semesters &gt;60% der insgesamt erreichbaren Punkte</li> <li>keine Mindestpunktzahl für Einzelleistungen oder Übungsblöcke</li> </ul> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | <p>Übungsleistung (0%)<br/>elektronische Prüfung (100%)<br/>Die Note für das Gesamtmodul entspricht der Klausurnote.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 90 h<br/>Eigenstudium: 135 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>93170 | <b>Systemnahe Programmierung in C</b><br>Machine-oriented programming in C                                                                                                            | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Dr.-Ing. Volkmar Sieh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Konzepte der systemnahen Programmierung</li> <li>• Einführung in die Programmiersprache C (Unterschiede zu Java, Modulkonzept, Zeiger und Zeigerarithmetik)</li> <li>• Softwareentwicklung auf der nackten Hardware" (ATmega-µC) (Abbildung Speicher &lt;&gt; Sprachkonstrukte, Unterbrechungen (interrupts) und Nebenläufigkeit)</li> <li>• Softwareentwicklung auf einem Betriebssystem" (Linux) (Betriebssystem als Ausführungsumgebung für Programme)</li> <li>• Abstraktionen und Dienste eines Betriebssystems (Dateisysteme, Programme und Prozesse, Signale, Threads, Koordinierung)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die grundlegenden Elemente der Programmiersprache C: Datentypen, Operatoren, Ausdrücke, Kontrollstrukturen, Funktionen, Variablen, Präprozessor.</li> <li>• bewerten C im Vergleich zu Java im Bezug auf Syntax, Idiomatik und Philosophie.</li> <li>• nennen wesentliche Unterschiede der Softwareentwicklung für eine Mikrocontrollerplattform versus einer Betriebssystemplattform.</li> <li>• beschreiben die Funktionsweise von Zeigern.</li> <li>• beschreiben die Realisierung von Strings und Stringoperationen in C</li> <li>• verwenden spezifische Sprachmerkmale von C für die hardwarenahe Softwareentwicklung und den nebenläufigen Registerzugriff.</li> <li>• entwickeln einfache Programme in C für eine Mikrocontroller-Plattform (AVR ATmega) sowohl mit als auch ohne Bibliotheksunterstützung.</li> <li>• entwickeln einfache Programme für eine Betriebssystemplattform (Linux) unter Verwendung von POSIX Systemaufrufen.</li> <li>• erläutern Techniken der Abstraktion, funktionalen Dekomposition und Modularisierung in C.</li> <li>• beschreiben den Weg vom C-Programm zum ausführbaren Binärcode.</li> <li>• reproduzieren die grundlegende Funktionsweise eines Prozessors mit und ohne Unterbrechungsbearbeitung.</li> </ul> |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern Varianten der Ereignisbehandlung auf eingebetteten Systemen.</li> <li>• verwenden Unterbrechungen und Energiesparzustände bei der Implementierung einfacher Steuergeräte.</li> <li>• erläutern dabei auftretende Synchronisationsprobleme (lost update, lost wakeup) und setzen geeignete Gegenmaßnahmen um.</li> <li>• beschreiben Grundzüge der Speicherverwaltung auf einer Mikrocontrollerplattform und einer Betriebssystemplattform (Stackaufbau, Speicherklassen, Segmente, Heap).</li> <li>• erläutern die Funktionsweise eines Dateisystems.</li> <li>• verwenden die grundlegende Ein-/Ausgabeoperationen aus der C-Standardbibliothek.</li> <li>• unterscheiden die Konzepte Programm und Prozess und nennen Prozesszustände.</li> <li>• verwenden grundlegende Prozessoperationen (fork, exec, signal) aus der C-Standardbibliothek.</li> <li>• erklären die Unterschiede zwischen Prozessen und Fäden und beschreiben Strategien zur Fadenimplementierung auf einem Betriebssystem.</li> <li>• erläutern Koordinierungsprobleme auf Prozess-/Fadenebene und grundlegende Synchronisationsabstraktionen (Semaphore, Mutex).</li> <li>• verwenden die POSIX Fadenabstraktionen zur Implementierung mehrfädiger Programme.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Grundlegende Kenntnisse der Programmierung (unabhängig von der Programmiersprache)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manfred Dausmann, Ulrich Bröckl, Dominic Schoop, et al. "C als erste Programmiersprache: Vom Einsteiger zum Fortgeschrittenen". Vieweg+Teubner, 2010. ISBN: 978-3834812216. Link</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

- |  |                                                                                                                                                                                                  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie. "The C Programming Language". Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 1988. ISBN: 978-8120305960.</li></ul> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                |                    |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94500 | <b>Dynamik starrer Körper</b><br>Dynamics of rigid bodies                                                                      | <b>7,5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Tutorium: DSK (Tut) (2 SWS)<br>Vorlesung: Dynamik starrer Körper (3 SWS)<br>Übung: Übung zur Dynamik starrer Körper (2 SWS)    | -<br>7,5 ECTS<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Xiyu Chen<br>Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker<br>Prateek Prateek<br>Denisa Martonová<br>Dr.-Ing. Giuseppe Capobianco |                    |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik von Punkten und starren Körpern</li> <li>• Relativkinematik von Punkten und starren Körpern</li> <li>• Kinetik des Massenpunktes</li> <li>• Newton'sche Axiome</li> <li>• Energiesatz</li> <li>• Stoßvorgänge</li> <li>• Kinetik des Massenpunktsystems</li> <li>• Lagrange'sche Gleichungen 2. Art</li> <li>• Kinetik des starren Körpers</li> <li>• Trägheitstensor</li> <li>• Kreiselgleichungen</li> <li>• Schwingungen</li> </ul>                                                                                                                       |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind vertraut mit den grundlegenden Begriffen und Axiomen der Dynamik;</li> <li>• können Bewegungen von Massepunkten und starren Körpern in verschiedenen Koordinatensystemen beschreiben;</li> <li>• können die Bewegungsgleichungen von Massepunkten und starren Körpern mittels der Newtonschen Axiome oder mittels der Lagrangeschen Gleichungen aufstellen;</li> <li>• können die Bewegungsgleichungen für einfache Stoßprobleme lösen;</li> <li>• können die Bewegungsgleichung für einfache Schwingungsprobleme analysieren.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlen: Kenntnisse aus dem Modul "Statik, Elastostatik und Festigkeitslehre" bzw. "Statik und Festigkeitslehre"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|    |                                             |                                                                            |
|----|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>                  | nur im Wintersemester                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 105 h<br>Eigenstudium: 120 h                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 3, Berlin:Springer, 2006 |

|   |                                  |                                                                                                                                    |                  |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94510 | <b>Grundlagen der Messtechnik</b><br>Fundamentals of metrology                                                                     | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Vorlesung Grundlagen der Messtechnik (4 SWS)<br>Vorlesung mit Übung: Übung Grundlagen der Messtechnik (4 SWS) | 5 ECTS<br>5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                       |                  |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p><b>Inhalt (Vorlesung):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Grundlagen</li> <li>• Was ist Metrologie: Metrologie und Teilgebiete, Einsatzbereiche, historische Entwicklung des Einheitssystems, SI-Einheitensystem SI-Einheiten (cd, K, kg, m, s, A, mol) Größe, Größenwert Extensive und intensive Größen Messung, Messgröße, Maßeinheit, Messergebnis, Messwert, Gebrauch und korrekte Angabe der Einheiten, Schreibweisen von Größenwerten, Angabe von Einheiten Grundvoraussetzungen für das Messen Rückführung der Einheiten</li> <li>• Messprinzipien, Messmethoden und Messverfahren: Messprinzip, Messmethode, Messverfahren Einteilung der Messmethoden, Ausschlagmessmethode, Differenzmessmethode, Substitutionsmessmethode und Nullabgleichsmethode (Kompensationsmethode) Prinzip eines Messgerätes, direkte und indirekte Messmethoden Kennlinie und Kennlinienarten, analoge und digitale Messmethoden, kontinuierliche und diskontinuierliche Messung, Auflösung, Empfindlichkeit, Messbereich absolute und inkrementelle Messmethoden</li> <li>• Statistik Auswertung von Messreihen: Berechnung eines Messergebnisses anhand von Messreihen Grundbegriffe der deskriptiven Statistik Darstellung und Interpretation von Messwertverteilungen (Histogramme) Häufigkeit (absolute, relative, kumulierte, relative kumulierte) Berechnung und Interpretation grundlegender Parameter: Lage (Mittelwert, Median, Modus), Streuung (Spannweite, Varianz, Standardabweichung, Variationskoeffizient), Form (Schiefe, Kurtosis bzw. Exzess) Grundbegriffe der Stochastik, Wahrscheinlichkeiten, Verteilungen (Rechteck-, U- und Normalverteilung), Zentraler Grenzwertsatz, statistische Momente Grundbegriffe der analytischen Statistik, statistische Tests und statistische Schätzverfahren Korrelation und Regression</li> <li>• Messabweichungen und Messunsicherheit: Messwert, wahrer Wert, Ringvergleich, vereinbarter Wert Einflüsse auf die Messung (Ishikawa-Diagramm) Messabweichung (absolute, relative, systematische, zufällige) Umgang mit Messabweichungen, Korrektur bekannter systematischer</li> </ul> |

Messabweichungen Kalibrierung, Verifizierung, Eichung  
 Messpräzision, Messgenauigkeit, Messrichtigkeit  
 Wiederholbedingungen/-präzision, Vergleichsbedingungen/-  
 präzision, Erweiterte Vergleichsbedingungen/-präzision  
 Fehlerfortpflanzungsgesetz (altes Konzept), Messunsicherheit,  
 Eigenunsicherheit, Übersicht über Standardverfahren  
 des GUM (Messunsicherheit), korrekte Angabe eines  
 Messergebnisses

- Messgrößen des SI-Einheitensystems
- Messen elektrischer Größen und digitale Messtechnik:  
 SI-Basiseinheit Ampere, Widerstands- und  
 Spannungsnormale, Messung von Strom und Spannung,  
 Lorentzkraft, Drehspulmesswerk, Bereichsanpassung  
 Widerstandsmessung, strom- und spannungsrichtige  
 Messung, Wheatstonesche Brückenschaltung  
 (Viertel-, Halb- und Vollbrücke, Differenzmethode und  
 Kompensationsmethode) Charakteristische Werte  
 sinusförmiger Wechselgrößen, Dreheisenmesswerk,  
 Wechselspannungsbrücke Messsignale, dynamische  
 Kennfunktionen und Kennwerte, Übertragungsfunktionen  
 (Frequenzgänge) Digitalisierungskette, Zeit- und  
 Werdiskretisierung, Alias-Effekte, Shannons Abtasttheorem,  
 Filter, Operationsverstärker (Invertierender Verstärker,  
 Nichtinvertierender Verstärker, Impedanzwandler,  
 invertierender Addierer, Differenzverstärker, Integrierer,  
 Differenzierer, Instrumentenverstärker), Abtast-Halte-Glied,  
 Analog-Digital-Wandlung, Abweichungen bei der Analog-  
 Digital-Wandlung Universelle Messgeräte (Digitalmultimeter,  
 analoge und digitale Oszilloskope)
- Messen optischer Größen: Licht und Eigenschaften des  
 Lichtes Empfindlichkeitsspektrum des Auges Radiometrie  
 und Photometrie SI-Basiseinheit Candela (cd, Lichtstärke)  
 Strahlungsfluss, radiometrisches (fotometrisches)  
 Grundgesetz, photometrische und radiometrische Größen  
 Strahlungsgesetze Fotodetektoren (Fotowiderstände,  
 Fotodioden, Betriebsarten, Bauformen, CCD- und CMOS-  
 Sensoren)
- Messen von Temperaturen: Temperatur, SI-Basiseinheit  
 Kelvin, Definition, Wärmeübertragung (Wärmeleitung,  
 Konvektion, Wärmestrahlung) Thermodynamische Temperatur  
 Primäre und sekundäre Temperaturmessverfahren,  
 praktische Temperaturskalen, Fixpunkte (Tripelpunkte,  
 Erstarrungspunkte), Fixpunktzellen, klassische  
 Temperaturskalen, internationale Temperaturskala  
 (ITS-90) Berührungsthermometer, thermische  
 Messabweichungen, thermische Ausdehnung,  
 Gasthermometer, Flüssigkeitsglasthermometer, Bimetall-  
 Thermometer, Metall-Widerstandsthermometer (Kennlinie,  
 Genauigkeit, Bauformen, Messschaltungen), Thermoelemente

- (Seebeck-Effekt, Bauformen, Ausgleichsleitungen, Messschaltungen) Strahlungsthermometer (Prinzip, Strahlungsgesetze, Pyrometer, Messabweichungen)
- Zeit und Frequenz: SI Basiseinheit Sekunde, Zeitmessung (Aufgaben, Historie, mechanische Uhren, Quarzuhren, Atomuhr) Darstellung der Zeit Verbreitung der Zeitskala UTC Globales Positionssystem (GPS) Frequenz- und Phasenwinkelmessung
  - Längenmesstechnik: SI Basiseinheit Meter Messschieber, Abbesches Komparatorprinzip, Bügelmessschraube, Abweichungen 1.- und 2.-Ordnung Längenmessung mit Linearencodern (Bewegungsrichtung, Ausgangssignale, Differenzsignale, Demodulation) Absolutkodierung (V-Scannen und Gray Code) Interferometrie, Michelson-Interferometer, transversale elektromagnetische Wellen, Grundlagen der Interferenz, destruktive und konstruktive Interferenz, Homodynprinzip, Heterodynprinzip, Interferenz am Homodyninterferometer, Demodulation am Homodyn- und Heterodyninterferometer, Einfluss Luftbrechzahl, Realisierung der Meterdefinition, Reflektoren und Aufbau von Interferometern, induktive Längenmessung, kapazitive Längenmessung, Laufzeitmessung
  - Masse, Kraft und Drehmoment: SI Basiseinheit Kilogramm, Definition Masse, Kraft und Drehmoment Massennormale (Vergleiche, Bauformen und Abweichungsgrenzen), Prinzip der Masseableitung, Stabilität der Einheit und Neudefinition Messprinzipien von Waagen, Einflussgrößen bei Massebestimmung (lokale Erdbeschleunigung, Luftauftrieb), Balkenwaage (unterschälige Waagen, Empfindlichkeit, Bauformen, überschälige Waagen, Ecklastabhängigkeit), Federwaage, DMS, Verformungskörper, DMS-Waage, EMK-Waage, Massekomparatoren Drehmomentmessung (Reaktions- und Aktionsdrehmoment)
  - Teilgebiete der industriellen Messtechnik
  - Prozessmesstechnik: Messgrößen der Prozessmesstechnik Definition des Druckes, Druckarten (Absolutdruck, Überdruck, Differenzdruck) Druckwaage (Kolbenmanometer), U-Rohrmanometer und -Barometer, Rohrfedermanometer, Plattenfedermanometer Drucksensoren (mit DMS, piezoresistiv, kapazitiv, piezoelektrisch) Durchflussmessung (Volumenstrom und Massestrom, Strömung von Fluiden) volumetrische Verfahren, Wirkdruckverfahren, magnetisch-induktive Durchflussmessung, Ultraschall-Durchflussmessung Massedurchflussmessung (Coriolis, thermisch)
  - Fertigungsmesstechnik: Aufgaben, Methoden, Ziele und Bereiche der Fertigungsmesstechnik Gestaltparameter von Werkstücken (Mikro- und Makrogestalt), Geometrische Produktspezifikation (GPS), Gestaltabweichungsarten Geräte und Hilfsmittel der Fertigungsmesstechnik,

Gegenüberstellung klassische Fertigungsmesstechnik und Koordinatenmesstechnik, Auswertung Bauarten und Grundstruktur von Koordinatenmessgeräten Vorgehensweise bei Messen mit einem Koordinatenmessgerät

**Inhalt (Übung):**

- Grundlagen der Elektrotechnik (Wiederholung von Grundlagen)
- Statistik Auswertung von Messreihen (Histogramme, Hypothesentest, Konfidenzintervalle, statistischen Maßzahlen)
- Korrelation und Regression (Korrelationskoeffizient, Fehlerfortpflanzung, Residuenanalyse)
- Messabweichungen, Einführung in die Messunsicherheitsberechnung (Kompensation systematischer Abweichungen, Messunsicherheitsanalyse einer einfachen Messung)
- Elektrische Größen, Messelektronik und Analog-Digital-Umsetzung (Abweichungsberechnung bei der Strommessung, Anpassungsnetzwerk für ein Drehspulinstrument, Bereichsanpassung mit einem Operationsverstärker)
- Anwendung der Wheatstoneschen Brückenschaltung bei Messungen mit Dehnungsmessstreifen
- Messungen mit Fotodioden bei unterschiedlichen Betriebsarten
- Temperaturmesstechnik (Aufgaben zu Metall-Widerstandsthermometern und Pyrometern)
- Längenmesstechnik (Abbesche Prinzip, Induktivität eines Eisenkerns mit Luftspalt, Foliendickenmessung mittels einer kapazitiven Messeinrichtung)
- Messen von Kraft und Masse (Massewirkung, Balkenwaage, Federwaage, piezoelektrischer Kraftsensor)
- Prozessmesstechnik (Druck- und Durchflussmessung, U-Rohrmanometer, Corioliskraftmessung, Ultraschallmessverfahren, Turbinenzähler)
- Fertigungsmesstechnik (Standardgeometrieelemente, Angabe von Toleranzen, Prüfen von Rundheitsabweichungen mit Hilfe eines Feinzeigers)

**Contents:**

- General basics
- What is metrology: Metrology and branches, application fields, historical development of the unit system, SI unit system Definitions of SI units (cd, K, kg, m, s, A, mol) Quantity, quantity value Extensive and intensive quantities Measurement, measurand, measurement unit, measurement result, measured quantity value Correct use and notation of units and of quantity values Basic requirements for the measurement Traceability
- Principles, methods and procedures of measurement: Principles, methods and procedures of measurement Classification of measurement methods, deflection, differential,

substitution and compensation measurement methods  
 Principle of a measuring instrument, direct and indirect measurement methods Characteristic curve, types of characteristic curves, analogue and digital measurement methods, continuous and discontinuous measurement, resolution, sensitivity, measuring interval Absolute and incremental measurement methods

- Statistics Evaluation of measurements series: Calculation of a measurement result based on measurement series Basic terms of descriptive statistics Presentation and interpretation of measured value distributions (histograms) Frequency (absolute, relative, cumulative, relative cumulative) Calculation and interpretation of basic parameters: location (mean, median, mode), dispersion (range, variance, standard deviation, coefficient of variation), shape (skewness, excess, kurtosis) Basic terms of stochastics, probabilities, distributions (rectangle, U and normal distribution), central limit theorem, statistical moments Basic terms of analytical statistics, statistical tests and statistical estimation methods Correlation and regression
- Measurement errors and measurement uncertainty: Measured value, true value, key comparison, conventional quantity value Influences on the measurement (Ishikawa diagram) Measurement error (absolute, relative, systematic, random) Handling of errors, correction of known systematic measurement errors Calibration, verification, legal verification Measurement precision, accuracy and trueness Repeatability conditions and repeatability, intermediate precision condition and measurement precision, reproducibility condition of measurement and reproducibility Error propagation law (old concept), measurement uncertainty, definitional uncertainty, overview of standard method of the GUM (measurement uncertainty), correct specification of a measurement result
- Mesurands of the SI system of units
- Measurement of electrical quantities: SI base unit Ampere, resistance and voltage standards, measurement of current and voltage, Lorentz force, moving coil instrument, range adjustment Resistance measurement, current and voltage correct measurement, Wheatstone bridge circuit (quarter, half and full bridge, differential method and compensation method) Characteristic values of sinusoidal alternating quantities, moving iron instrument, alternating voltage bridge Measuring signals, dynamic characteristic functions and characteristics, transfer functions (frequency responses) Digitalisation chain, time and value discretization, aliasing, Shannons sampling theorem, filter, operational amplifier (inverting amplifier, non-inverting amplifier, impedance converter, inverting summing amplifier, differential amplifier, integrating amplifier, differentiating amplifier, instrumentation amplifier), sample-

and-hold device, analogue-digital conversion, errors of analogue-to-digital conversion Universal measuring devices (digital multimeter, analogue and digital oscilloscopes)

- Measurement of optical quantities: Light and properties of light Sensitivity spectra of the eye Radiometry and photometry SI base unit candela (cd, luminous intensity) Radiant flux, radiometric (photometric) fundamental law, photometric and radiometric quantities Radiation laws Photo detectors (photo resistors, photo diodes, modes of operation, designs, CCD and CMOS sensors)
- Measurement of temperatures: Temperature, SI base unit Kelvin, definition, heat transfer (conduction, convection, radiation) Thermodynamic temperature Primary and secondary temperature measurement methods, practical temperature scales, fixpoints (triple points, freezing points), fixpoint cells, classical temperature scales, International Temperature Scale (ITS-90) Contact thermometers, thermal measurement errors, thermal expansion, gas thermometer, liquid thermometer, bimetal thermometer, metal resistance thermometers (characteristic curve, accuracy, designs, circuits), thermocouples (Seebeck effect, designs, extension wires, measurement circuits) Radiation thermometer (principle, radiation laws, pyrometers, measurement errors)
- Time and frequency: SI base unit second, time measurement (tasks, history, mechanical clocks, quartz clock, atomic clock) Representation of time Propagation of UTC Global Positioning System (GPS) Frequency and phase angle measurement
- Length: SI base unit metre Calliper, Abbe comparator principle, micrometer, errors 1st and 2nd order Length measurement with linear encoders (motion direction, output signals, differential signals, demodulation) Absolute coding (V-Scan and Gray code) Interferometry, Michelson interferometer, transversal electromagnetic waves, basics of interference, destructive and constructive interference, homodyne principle, heterodyne principle, interference on homodyne interferometer, demodulation at homodyne and heterodyne interferometer, influence of air refractive index, realisation of the metre definition, reflectors and assembly of interferometers, inductive length measurement, capacitive length measurement, time of flight measurement
- Mass, force and torque: SI base unit kilogram, definition of mass, force and torque Mass standards (comparisons, types, deviation limits), principle of mass dissemination, stability of the unit and redefinition Measurement principles of weighing, influences for mass determination (local gravitational acceleration, air buoyancy), beam balance (hanging pan balances, sensitivity, types, top pan balances, corner load sensitivity), spring balance, DMS, deformation elements, DMS

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>balance, EMC balance, mass comparators Measurement of torque (reactive and active)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Branches of industrial metrology</li> <li>• Process measurement technology: Quantities of process measurement technology Definition of pressure, pressure types (absolute pressure, overpressure, differential pressure) Deadweight tester (piston manometer), U-tube manometer and barometer, bourdon tube gauge, diaphragm pressure gauge Pressure sensors (with DMS, piezoresistive, capacitive, piezoelectric) Flow measurement (volume flow and mass flow, flow of fluids) Volumetric method, differential pressure method, magneto-inductive flowmeter, ultrasonic flow measurement Mass flow rate measurement (Coriolis, thermal)</li> <li>• Manufacturing metrology: Tasks, methods, objectives and branches of manufacturing metrology Form parameters of workpieces (micro-and macro-shape), geometrical product specification (GPS), geometrical tolerances Comparison of classical manufacturing metrology and coordinate metrology, evaluation Designs and basic structure of coordinate measuring machines Procedure for measuring with a coordinate measuring machine</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>*Wissen*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende statistische Methoden zur Beurteilung von Messergebnissen und Ermittlung von Messunsicherheiten.</li> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende Messverfahren zur Erfassung der Messgrößen aller SI-Einheiten.</li> <li>• Die Studierenden kennen das Basiswissen zu Grundlagen der Messtechnik und messtechnischen Tätigkeiten.</li> <li>• Die Studierenden haben Grundkenntnisse zur methodisch-operativen Herangehensweise an Aufgaben des Messens statischer Größen, zum Lösen einfacher Messaufgaben und zum Ermitteln von Messergebnissen aus Messwerten.</li> </ul> <p>*Verstehen*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können die Eigenschaften von Messeinrichtungen und Messprozessen beschreiben.</li> <li>• Die Studierenden können das Internationale Einheitensystem und die Rückführung von Messergebnissen beschreiben.</li> </ul> <p>*Anwenden*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können einfache Messungen statischer Größen durchführen.</li> <li>• Die Studierenden können Messunsicherheiten komplexer Messeinrichtungen bei gegebenen Eingangsgrößen berechnen.</li> </ul> <p>*Evaluieren (Beurteilen)*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ The students know basic statistical methods for the evaluation of measurement results and the determination of measurement uncertainties.</li> </ul> </li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ The students know basic measuring methods for the record of measured values for all SI units.</li> <li>◦ The students have basic knowledge of fundamentals of metrology and metrology activities.</li> <li>◦ The students have fundamental knowledge for methodological and operational approach to measuring tasks of static measurement types, to solve basic measurement tasks and to establishing measurement results from measurement values.</li> <li>◦ The students are able to describe the characteristics of measuring instruments and measurement processes.</li> <li>◦ The students are able to describe the international system of units (SI) and the traceability of measurement results</li> <li>◦ The students are able to run basic measurements of static measurands. *Evaluating* The students are able to evaluate measuring systems, measurement processes and measurement results. Students are able to calculate the measurement uncertainty of complex measuring systems for given input variables.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <a href="http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html">http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html</a></p> <p>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012</p> <p>Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Lerch, Reinhard: Elektrische Messtechnik. 6. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 ISBN 978-3-642-22608-3

Richter, Werner: Elektrische Meßtechnik. 3. Auflage, Verlag Technik Berlin, 1994 - ISBN 3-341-01106-4

Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3

H. Czichos (Hrsg.): Das Ingenieurwissen Gebundene. 7. Auflage, Springer Verlag, 2012, ISBN 978-3-642-22849-0.

Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmesstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 ISBN 3-478-93264-5

Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 ISBN 3-486-24219-9

Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg +Teubner Verlag, 2011 ISBN 978-3-8348-0692-5

Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 ISBN 3-540-11784-9

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94570 | <b>Produktionstechnik I und II</b><br>Production engineering I+II                                                                                                                                                                                                                                            | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | <p>Vorlesung: Produktionstechnik (PT II &amp; PT 3 MB) (2 SWS, SoSe 2025)</p> <p>Praktikum: Produktionstechnik II - Tutorium (2 SWS, SoSe 2025)</p> <p>Vorlesung: Produktionstechnik I (2 SWS, WiSe 2024)</p> <p>Praktikum: Produktionstechnik I - Tutorium (2 SWS, WiSe 2024)</p>                           | -<br>-<br>-<br>- |
| 3 | Lehrende                         | <p>Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke</p> <p>Andreas Röckelein</p> <p>Prof. Dr. Nico Hanenkamp</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer</p> <p>Simon Sauer</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt</p> <p>apl. Prof. Dr. Hinnerk Hagenah</p> |                  |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|---|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | <p>Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke</p> <p>Prof. Dr. Nico Hanenkamp</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>*Produktionstechnik I:*</p> <p>Basierend auf der DIN 8580 werden die aktuellen Technologien sowie die dabei eingesetzten Maschinen in den Bereichen Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und das Ändern der Stoffeigenschaften behandelt. Hierbei werden sowohl die Prozessketten als auch die spezifischen Eigenschaften der Produktionstechniken aufgezeigt und anhand von praxisrelevanten Bauteilen erläutert. Zum besseren Verständnis der Verfahren werden zunächst metallkundliche Grundlagen, wie der mikrostrukturelle Aufbau von metallischen Werkstoffen und ihr plastisches Verhalten, erläutert. Im weiteren Verlauf erfolgt eine Gegenüberstellung der Verfahren der Massivumformung Stauchen, Schmieden, Fließpressen und Walzen. Im Rahmen des Kapitels Blechumformung wird die Herstellung von Bauteilen durch Tiefziehen, Streckziehen und Biegen betrachtet. Der Fokus in der Vorstellung der Verfahrensgruppe Trennen liegt auf den Prozessen des Zerteilens und Spanens. Der Bereich Fügen behandelt die Herstellung von Verbindungen mittels Umformen, Schweißen und Löten. Abschließend werden verschiedene strahlbasierte Fertigungsverfahren aus den sechs Bereichen vorgestellt. Im Fokus stehen hierbei laserbasierte Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel Schweißen, Schneiden oder Additiven Fertigung. Eine zusätzlich angebotene Übung dient der Vertiefung und der Anwendung des Vorlesungsinhaltes. Außerdem wird die Verarbeitung von Kunststoffen (Spritzgießen,</p> |  |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>Erzeugung von duroplastischen / thermoplastischen Faserverbunden) behandelt.</p> <p>*Produktionstechnik II:*</p> <p>Des Weiteren werden die Grundlagen zu Werkzeugmaschinen und dem Werkzeugmaschinenbau (Maschinenkomponenten, Funktionalitäten, Anwendungs- / Einsatzmöglichkeiten) sowie zu Montagetechnologien und Verbindungstechniken (Auslegung von Verbindungen, prozesstechnische Umsetzung und Realisierung) vermittelt. Einen weiteren Schwerpunkt stellen der Elektromaschinenbau und die Elektronikproduktion (Funktionsweise und Herstellung von elektronischen Antriebseinheiten, Auslegung und Herstellung von elektronischen Komponenten) dar. Anschließend werden die Urformverfahren Gießen und Pulvermetallurgie dargestellt.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse in der Metallkunde und der Verarbeitung von Metallen.</li> <li>• Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Produktionsverfahren Urformen, Umformen, Fügen, Trennen, ihre Untergruppen</li> <li>• Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Prozessverständnis hinsichtlich der wirkenden Mechanismen.</li> <li>• Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozessführung sowie spezifische Eigenschaften der Produktionsverfahren.</li> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegendes Verständnis zu den Eigenschaften von Kuststoffen und deren Verarbeitung</li> <li>• Die Studierenden erwerben Kenntnisse über werkstoffwissenschaftliche Aspekte und Werkstoffeigenschaften sowie Werkstoffverhalten vor und nach den jeweiligen Bearbeitungsprozessen</li> <li>• Die Studierenden erwerben fundamentale Kenntnisse zu Multi-Materialien-Verbunden.</li> <li>• Die Studierenden erlangen grundlegende Kenntnisse zur Funktionsweise von elektrischen Antriebseinheiten und deren Herstellung sowie die Herstellung von elektrischen Komponenten (MID)</li> <li>• Die Studierenden erhalten grundlegende Kenntnisse im Bereich der Produktentwicklung und Produktauslegung (Verfahrensmöglichkeiten, Verfahrensgrenzen, Designeinschränkungen, etc.)</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die grundlegenden Prinzipien von Fertigungsprozessen und der Systemauslegung zu verstehen</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Grundlagen des Anlagen- und Werkzeugbaus</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden können die verschiedenen Fertigungsverfahren erkennen und normgerecht differenzieren</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3;4                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 2 Semester                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                           |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                         |                     |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94590 | <b>Technische Darstellungslehre</b><br>Engineering drawing                                                                                                                                                              | <b>5 ECTS</b>       |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Praktikum: Technische Darstellungslehre I (2 SWS, WiSe 2024)<br><br>Vorlesung: Technische Darstellungslehre I - Vorlesung (0 SWS, WiSe 2024)<br><br>Praktikum: Technische Darstellungslehre II; FR-A (2 SWS, SoSe 2025) | -<br><br>-<br><br>- |
| 3 | Lehrende                         | Christian Witzgall<br>Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack<br>Johannes Mayer                                                                                                                                                  |                     |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>*TD I*</p> <p>*Aufgabe und Bedeutung der technischen Zeichnung*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Zeichnungen allgemein (Zeichnungsarten, Formate und Blattgrößen, Linienarten, Normschrift, Ausführungsrichtlinien)</li> <li>• Normgerechte Darstellung und Bemaßung von Werkstücken (Anordnung der Ansichten, Schnittdarstellungen, normgerechte Bemaßung, Koordinatenbemaßung, Hinweise für das Anfertigen technischer Zeichnungen, Werkstoffangaben, Oberflächenangaben, Wärmebehandlungsangaben)</li> <li>• Toleranzen und Passungen (Allgemeintoleranzen, Form- und Lagetoleranzen, ISO-Toleranzen und Passungen)</li> </ul> <p>*Normung*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normteile und ihre zeichnerische Darstellung (Schrauben und Muttern, Federn, Zahnräder, Schweißverbindungen, Gewinde)</li> <li>• Darstellende Geometrie (Konstruktion technischer Kurven, Schnitte und Abwicklungen, Durchdringungen, axonometrische Projektionen)</li> <li>• Modellabnahmen an konkreten Bauteilen und Erstellen der technischen Zeichnungen</li> </ul> <p>*TD II*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie des Computer Aided Design</li> <li>• Einführung in die virtuelle Produktentwicklung mit CAD-Systemen</li> <li>• Grundlagen des CAD: Arten von 3D-Modellierern, Systemmodule und Eigenschaften von Modellen</li> <li>• Modellierungsstrategien, Vorgehensweise bei der Modellierung, Grundprinzipien, Besondere Modellierungsvereinfachungen im Zusammenhang mit genormten Darstellungen</li> <li>• Rechnerübung mit Hausübung an CAD-Systemen zum Anfertigen von Bauteilen, Baugruppen und technischen Zeichnungen</li> </ul> |

**Fachkompetenz****Wissen****\*TD I\***

Die Studierenden erwerben Wissen über die bildliche Darstellung technischer Objekte sowie zugehöriger nichtbildliche Informationen in Form Technischer Zeichnungen gemäß DIN 199-1 mit Fokus auf Maschinenbauteile, insbesondere Verständnis für den technischen und rechtlichen Stellenwert der Technischen Darstellungslehre im nationalen und internationalen Kontext, hierzu im Speziellen:

- Wissen über Zeichnungsnormen (DIN, EN, ISO) und Verständnis für deren Sinn und Zweck
- Wissen über den Informationsgehalt Technischer Zeichnungen gemäß DIN 6789-4
- Wissen über die Anwendung von Linienarten und -stärken gemäß DIN ISO 128-24
- Wissen über die verschiedenen Projektionsmethoden gemäß DIN EN ISO 5456 auf Basis der Darstellenden Geometrie und Wissen über Grundregeln und Ansichten in Technischen Zeichnungen gemäß DIN ISO 128-30
- Wissen über besondere Ansichten gemäß DIN ISO 128-34
- Verständnis für Schnitte und Wissen über Schnittarten und deren Darstellung gemäß DIN ISO 128-34
- Wissen über Maßstäbe gemäß DIN ISO 5455
- Wissen über Papierformate nach DIN ISO 5457, Papierfaltung nach DIN 824 sowie Schriftfelder gemäß DIN EN ISO 7200 und Stücklisten in Anlehnung an DIN 6771-2
- Wissen über Maßeintragungen in Technischen Zeichnungen gemäß DIN 406-10 ff und Wissen über die Grundregeln der Bemaßung, insbesondere auch Bemaßung von Durchmessern, Radien, Kegeln, Kugeln, sowie Wissen über die Bemaßung von Werkstückkanten gemäß DIN ISO 13715.

Verständnis für die Festlegung von Toleranzen, Passungen und Oberflächen in Technischen Zeichnungen, hierzu

- Wissen über die gängigen Toleranzarten betreffend die Bauteilgrob- und -feingestalt (Maß-, Form-, Lagetoleranzen, Oberflächen)
- Wissen über die wichtigsten Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit Toleranzen und Passungen
- Wissen über die Festlegung von Maß-, Form- und Lagetoleranzen sowie deren Angabe in Technischen Zeichnungen gemäß DIN ISO 286 bzw. DIN ISO 1101
- Wissen über Tolerierungsgrundsätze gemäß ISO 8015 und Angabe des Tolerierungsgrundsatzes in Technischen Zeichnungen
- Wissen über Sinn und Zweck von Allgemeintoleranzen insbesondere gemäß DIN ISO 2768 und DIN ISO 13920 sowie Angabe von Allgemeintoleranzen in Technischen Zeichnungen
- Wissen über die geometrische Struktur technischer Oberflächen nach DIN ISO 2760, deren Erzeugung durch

Fertigungsverfahren in Anlehnung an DIN 4766 und Charakterisierung durch gängige Rauheitsmessgrößen im Profilschnitt gemäß DIN ISO 4287 sowie Wissen über die Darstellung von Oberflächenangaben in Technischen Zeichnungen gemäß DIN EN ISO 1302.

Basiswissen über ausgewählte Fertigungsverfahren zur Erzeugung häufig vorkommender Gestalt- und Verbindungselemente an Maschinenbauteilen, hierbei Aufzeigen von Querverweisen zu den im Vorpraktikum erworbenen Kompetenzen und Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Produktionstechnik zu erwerbenden Kompetenzen.

Wissen über Darstellung und Bemaßung von Bauteilen, die üblicherweise mit spanenden Fertigungsverfahren hergestellt werden, insbesondere

- Wissen über das fertigungsgerechte Bemaßen rotationssymmetrischer Bauteile, die durch spanende Fertigungsverfahren, wie Drehen, Fräsen, Schleifen und Bohren hergestellt werden; Wissen über häufig vorkommende Gestaltelemente, wie Fasen, Zentrierbohrungen, Freistiche, Passfedernuten und Keil- und Zahnwellenprofile, deren Sinn und Zweck sowie deren Darstellung und Bemaßung in Technischen Zeichnungen gemäß DIN 332, DIN ISO 6411, DIN 509, DIN 6885, DIN ISO 6413
- Wissen über die verschiedenen Formen von Zahnrädern, deren Sinn und Zweck sowie deren Darstellung und Bemaßung in Technischen Zeichnungen gemäß DIN 3966
- Wissen über Schraubenverbindungen, deren Sinn und Zweck sowie die Darstellung von Schrauben und Gewinden in Technischen Zeichnungen gemäß DIN ISO 6410-1.

Wissen über die Darstellung und die Beschriftung von Schweißverbindungen gemäß DIN EN 22553 sowie Wissen über die Besonderheiten in Bezug auf Allgometoleranzen gemäß DIN EN ISO 13920 und die Angabe relevanter Prozessparametern.

Basiswissen über weitere Fertigungsverfahren aus den Bereichen Ur- und Umformen sowie die typische Gestalt derart hergestellter Bauteile einschließlich deren Darstellung, Bemaßung und Tolerierung in Technischen Zeichnungen entsprechend unterschiedlicher Fertigungsschritte (Prozesskette).

Basiswissen für die Auswahl und Verwendung genormter Maschinenelemente.

\*TD II\*

Verständnis für Funktion, Aufbau und Bedienung von im industriellen Umfeld eingesetzten, vollparametrischen 3D-CAD-Systemen und Verständnis für die Bedeutung von CAD-Systemen als zentralem Synthesewerkzeug des rechnerunterstützten Produktentwicklungsprozesses im Maschinenbau und in verwandten Disziplinen, hierzu

- Grundwissen über die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus und die Möglichkeiten der Rechnerunterstützung (CAx)
- Wissen über den Einsatz von CAD zur Definition der Produktgestalt im Hinblick auf eine durchgängige Verwendung der erzeugten Daten als Grundlage für weitere CAx-Werkzeuge sowie für die Ableitung normgerechter Zeichnungen und Stücklisten
- Wissen über die Geometrieverarbeitung auf Rechnersystemen: Historische Entwicklung, Stand der Technik, Grundfunktionalitäten moderner CAD-Systeme, Parametrik, Assoziative Datenspeicherung, Features und Konstruktionselemente, historienbasierte und direkte Modellierung.

#### Analysieren

##### \*TD I\*

Analyse der Geometrie realer Bauteile und Abnahme von Maßen mittels Messschieber in der Kleingruppe (Modellabnahme"). Bewertung der funktionsrelevanten Merkmale und Ausarbeitung einer technischen Freihandskizze mit allen notwendigen Informationen zur anschließenden Erstellung einer normgerechten Fertigungszeichnung des Bauteils.

#### Erschaffen

##### \*TD I\*

Die Studierenden erstellen mehrere, einfache Technischer Zeichnungen in Form von Einzelteilzeichnungen (Fertigungszeichnungen) und kleinen Zusammenbauzeichnungen, ausgehend von vorgegebenen skizzierten Ansichten. Die zu erstellenden Zeichnungen enthalten hierbei mindestens folgende thematische Schwerpunkte:

- Ansichten, Bemaßung, Dokumentation, normative Angaben
- Schnittansichten und Teilschnitte
- Schraubenverbindungen und Gewindedarstellungen
- Dreh- und Frästeile

Die Studierenden erwerben die Befähigung zum Lesen, Verstehen und selbständigen Erstellen auch komplexerer Technischer Zeichnungen sowie Befähigung zum Erschließen von Zeichnungsinhalten, die nicht explizit im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt wurden.

- Passungswahl und Vergabe von Toleranzen
- Verzahnungen
- Schweißbaugruppen
- Zusammenstellungszeichnungen und Stücklisten

##### \*TD II\*

Die Studierenden erstellen Einzelteile durch Modellieren von Volumenkörpern unter Berücksichtigung einer robusten Modellierungsstrategie, hierzu

- Definieren von Geometriereferenzen und zweidimensionalen Skizzen als Grundlage für Konstruktionselemente
- Erzeugen von Volumenkörpern mit Hilfe der Konstruktionselemente Profilextrusion, Rotation, Zug und Verbund

- Kombinieren von Volumenkörpern durch BOOLEsche Operationen zu Rohbauteilen gemäß eines spanenden Fertigungsverfahrens
- Detaillieren von Rohbauteilen durch Hinzufügen von Bohrungen, Fasen und Metainformationen (z. B. Toleranzangaben)
- Nachträgliches Ändern der Geometrie mit Hilfe von Parametrik.

Die Studierenden erstellen Baugruppen durch Kombination von Einzelteilen unter Verwendung von Normteilibibliotheken, hierzu

- Planen einer Baugruppenhierarchie im Hinblick auf Robustheit
- Verarbeiten von Importgeometrie (Fremdformate)
- Definieren von Montagebedingungen
- Anwenden einfacher Baugruppenanalysefunktionen (z. B. Durchdringung und Masseeigenschaften).

Ableiten norm-, funktions- und fertigungsgerechter Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen aus den 3D-CAD-Modellen, welche den Regeln der Technischen Darstellungslehre folgen, hierbei Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre I erworbenen Kompetenzen.

Die Studierenden erwerben die Befähigung zum Erstellen auch komplexerer Einzelteile und Baugruppen in 3D-CAD-Systemen und zum Ableiten zugehöriger Technischer Zeichnungen sowie Befähigung, sich Modellierungsmöglichkeiten zu erschließen, die nicht explizit im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt wurden und Befähigung, die gewonnenen Erkenntnisse auf andere als im Rahmen der Lehrveranstaltung eingesetzte 3D-CAD-Systeme übertragen zu können.

Lern- bzw. Methodenkompetenz

\*TD I\*

Zur Vermittlung der zuvor genannten Fachkompetenzen werden verpflichtende Hörsaalübungen angeboten, in denen Kleingruppen von Studierenden durch studentische Tutoren und Mitarbeiter des Lehrstuhls individuell und kompetent betreut werden. So wird sichergestellt, dass eine effiziente Vermittlung der Lehrinhalte trotz unterschiedlichen Kenntnisstandes der Studierenden erfolgt. Dies geht mit der Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen einher.

Selbstkompetenz

\*TD I\*

Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen, hierbei Unterstützung durch Betreuer und studentische Tutoren in Kleingruppen.

Sozialkompetenz

\*TD I\*

Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen,

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | hierbei Unterstützung durch Betreuer und studentische Tutoren in Kleingruppen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1;2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Praktikumsleistung<br/>Praktikumsleistung<br/><b>Technische Darstellungslehre I (Prüfungsnummer: 45901)</b><br/>Studienleistung, Praktikumsleistung, unbenotet<br/>Für den Erwerb des Scheins als Dokumentation der erbrachten Studienleistung müssen insgesamt 14 Technische Zeichnungen erfolgreich testiert sein. 7 Technische Zeichnungen hiervon sind im Zeichensaal von Hand unter Betreuung eigenständig zu erstellen. Weitere 7 Technische Zeichnungen sind (in der Regel zu Hause) von Hand eigenständig zu erstellen und verbindlich zu vorab definierten Terminen abzugeben. Zu den Übungen im Zeichensaal besteht Anwesenheitspflicht.</p> <p><b>Technische Darstellungslehre II (Prüfungsnummer: 45902)</b><br/>Studienleistung, Praktikumsleistung, unbenotet<br/>Für den Erwerb des Scheins als Dokumentation der erbrachten Studienleistung müssen zehn 3D-CAD-Modelle erfolgreich testiert sein. Die Modelle können eigenständig im CIP-Pool des Departments Maschinenbau unter Betreuung erstellt werden und sind verbindlich zu vorab definierten Terminen abzugeben. Zu den Übungen im CIP-Pool besteht keine Anwesenheitspflicht.</p> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Praktikumsleistung (0%)<br>Praktikumsleistung (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 2 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|   |                                  |                                                                                                                                   |                 |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94660 | <b>Statik und Festigkeitslehre</b><br>Statics and mechanics of materials                                                          | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Statik und Festigkeitslehre, Vorlesung/<br>Übung (3 SWS)<br><br>Tutorium: Tutorium Statik und Festigkeitslehre (2 SWS) | -<br><br>-      |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Silvia Budday<br>Lucie Spannraft<br>Dr.-Ing. Gunnar Possart                                                        |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker<br>Prof. Dr.-Ing. Kai Willner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraft- und Momentenbegriff, Axiome der Statik</li> <li>• ebene und räumliche Statik</li> <li>• Flächenmomente 1. und 2. Ordnung</li> <li>• Haft- und Gleitreibung</li> <li>• Spannung, Formänderung, Stoffgesetz</li> <li>• überbestimmte Stabwerke, Balkenbiegung</li> <li>• Torsion</li> <li>• Elastizitätstheorie und Festigkeitsnachweis</li> <li>• Stabilität</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Wissen</p> <p>Die Studierenden kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die axiomatischen Grundlagen der Technischen Mechanik sowie die entsprechenden Fachtermini.</li> <li>• das Schnittprinzip und die Einteilung der Kräfte in eingeprägte und Reaktionskräfte bzw. in äußere und innere Kräfte.</li> <li>• die Gleichgewichtsbedingungen am starren Körper.</li> <li>• das Phänomen der Haft- und Gleitreibung.</li> <li>• die Begriffe der Verzerrung und Spannung sowie das linear-elastische Stoffgesetz.</li> <li>• den Begriff der Hauptspannungen sowie das Konzept der Vergleichsspannung und Festigkeitshypothesen.</li> <li>• das Problem der Stabilität und speziell die vier Eulerschen Knickfälle für ein schlankes Bauteil unter Drucklast.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Kräfte nach verschiedenen Kriterien klassifizieren.</li> <li>• können verschiedene Lagerungsarten unterscheiden und die entsprechenden Lagerreaktionen angeben.</li> <li>• können den Unterschied zwischen statisch bestimmten und unbestimmten Systemen erklären.</li> <li>• können den Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung erläutern.</li> <li>• können das linear-elastische, isotrope Materialgesetz angeben und die Bedeutung der Konstanten erläutern.</li> <li>• können die Voraussetzungen der Euler-Bernoulli-Theorie schlanker Balken erklären.</li> </ul> |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>verstehen die Idee der Vergleichsspannung und können verschiedene Festigkeitshypothesen erklären.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Schwerpunkt eines Körpers bestimmen.</li> <li>ein System aus mehreren Körpern geeignet freischneiden und die entsprechenden eingprägten Kraftgrößen und die Reaktionsgrößen eintragen.</li> <li>für ein statisch bestimmtes System die Reaktionsgrößen aus den Gleichgewichtsbedingungen ermitteln.</li> <li>die Schnittreaktionen für Stäbe und Balken bestimmen.</li> <li>die Spannungen im Querschnitt schlanker Bauteile (Stab, Balken) unter verschiedenen Belastungen (Zug, Biegung, Torsion) ermitteln.</li> <li>die Verformungen schlanker Bauteile ermitteln.</li> <li>aus einem gegebenen, allgemeinen Spannungszustand die Hauptspannungen sowie verschiedene Vergleichsspannungen ermitteln.</li> <li>die kritische Knicklast für einen gegebenen Knickfall bestimmen.</li> </ul> <p>Analysieren</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ein geeignetes Modell für schlanke Bauteile anhand der Belastungsart und Geometrie auswählen.</li> <li>ein problemangepasstes Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Reaktionsgrößen und Verformungen auch an statisch unbestimmten Systemen wählen.</li> <li>eine geeignete Festigkeitshypothese wählen.</li> <li>den relevanten Knickfall für gegebene Randbedingungen identifizieren.</li> </ul> <p>Evaluierten (Beurteilen)</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Spannungszustand in einem Bauteil hinsichtlich Aspekten der Festigkeit bewerten.</li> <li>den Spannungszustand in einem schlanken Bauteil hinsichtlich Aspekten der Stabilität bewerten.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Organisatorisches:</p> <p>Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                  |
| 13 | <b>Wiederholung der Prüfungen</b>       | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 105 h<br>Eigenstudium: 120 h                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                            |
| 17 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 1, Berlin:Springer 2006</li> <li>• Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 2, Berlin:Springer 2007</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                              |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94700 | <b>Grundlagen der Produktentwicklung für Mechatronik</b><br>Foundations of product development (Mech)                                        | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Maschinenelemente Übung (2 SWS)<br>Vorlesung: Vorlesung Maschinenelemente I (4 SWS)<br>Tutorium: Tutorium Maschinenelemente I (2 SWS) | -<br>-<br>-     |
| 3 | Lehrende                         | Benedict Rothhammer<br>Michael Jüttner<br>Dr.-Ing. Marcel Bartz                                                                              |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartack                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p><b>Einführung in die Produktentwicklung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthese und Analyse als zentrale Aufgaben</li> <li>• Vorgehensmodelle im Produktentwicklungsprozess</li> </ul> <p><b>Konstruktionswerkstoffe</b></p> <p><b>Grundlagen der Bauteilauslegung Festigkeitslehre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische Versagenskriterien</li> <li>• Definition und Aufgaben der Festigkeitslehre, Prinzip</li> <li>• Ermittlung von Belastungen</li> <li>• Ermittlung von Beanspruchungen</li> <li>• Beanspruchungsarten</li> <li>• Zeitlicher Verlauf der Beanspruchung und Lastannahmen</li> <li>• Resultierende Spannungen und Vergleichsspannungen</li> <li>• Kerbwirkung und Stützwirkung</li> <li>• Weitere Einflussfaktoren auf die Festigkeit von Bauteilen</li> <li>• Maßgebliche Werkstoffkennwerte</li> <li>• Bauteildimensionierung und Festigkeitsnachweis</li> </ul> <p><b>Einführung in die Technische Produktgestaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestalten von Maschinen</li> <li>• Fertigungsgerechtes Gestalten</li> <li>• Sicherheitsgerechtes Gestalten</li> </ul> <p><b>Normung, Toleranzen, Passungen und Oberflächen</b></p> <p><b>Maschinenelemente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schweißverbindungen</li> <li>• Passfeder- und Keilwellenverbindungen</li> <li>• Bolzen- und Stiftverbindungen</li> <li>• Zylindrische Pressverbindungen</li> <li>• Kegelverbindungen</li> <li>• Spannelementverbindungen</li> <li>• Schraubenverbindungen</li> <li>• Wälzlager</li> <li>• Gleitlager</li> <li>• Dichtungen</li> <li>• Stirnräder und Stirnradgetriebe</li> <li>• Kupplungen</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <b>Fachkompetenz</b><br><b>Wissen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Im Rahmen von GPE erlangen die Studierenden grundlegende Kenntnisse im Bereich der Maschinenelemente. Die Studierenden sind vertraut mit Fachbegriffen und können Wissen zu folgenden Themenbereichen wiedergeben:

- Gestalten von Maschinenbauteilen unter besonderer Berücksichtigung der Fertigungsgerechtigkeit
- Normen (DIN, EN, ISO), Richtlinien (VDI, FKM) und Standards im Kontext des Maschinenbaus
- herstell- und messbedingte Abweichungen sowie zu vergebende Toleranzen für Maß, Form, Lage und Oberfläche bei Maschinenbauteilen
- rotatorische Wälzlager und Wälzlagerungen, insbesondere Wissen über die gängigen Radial- und Axialwälzlagerbauformen, deren spezifische Merkmale und Eigenschaften sowie deren sachgerechte Einbindung in die Umgebungs konstruktion
- Getriebe als wichtige mechanische Komponente in Antriebssträngen

### **Verstehen**

Die Studierenden verstehen Zusammenhänge zu erarbeitetem Wissen durch die Erschließung von Querverbindungen zu den in folgenden Lehrveranstaltungen erworbenen bzw. zu erwerbenden Kompetenzen:

- Lehrveranstaltung Produktionstechnik und Technische Produktgestaltung
- Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre
- Lehrveranstaltung Messtechnik

Die Studierenden gewinnen ein allgemeines Verständnis für:

- das Konstruieren von Maschinen als methodischer Prozess unter besonderer Beachtung von Synthese und Analyse als zentrale Aufgaben der Produktentwicklung und auf Basis der Begriffe Merkmale und Eigenschaften nach der Definition von WEBER. Mit Fokus auf VDI 2221 ff verstehen die Studierenden Vorgehensmodelle in Produktentwicklungsprozessen. Hierbei werden Querverweise zu den in der Lehrveranstaltung Methodisches und rechnerunterstütztes Konstruieren zu erwerbenden Kompetenzen aufgezeigt.
- die Konstruktionswerkstoffe, deren spezifische Eigenschaften sowie Möglichkeiten zur Beschreibung des Festigkeits-, Verformungs- und Bruchverhaltens. Unter Konstruktionswerkstoffen werden insbesondere Eisenwerkstoffe, daneben auch Nichteisenmetalle, Polymerwerkstoffe und spezielle neue Werkstoffe, z. B. Verbundwerkstoffe, verstanden. Es werden Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Werkstoffkunde erworbenen Kompetenzen erschlossen.

Die Studierenden gewinnen ein Verständnis für Maschinenbauteile im Hinblick auf deren rechnerische Auslegung und konstruktive Gestaltung

unter Berücksichtigung des Werkstoffverhaltens, der Geometrie und der auf das Bauteil einwirkenden Lasten. Hierzu:

- Unterscheidung von Nennspannungen und örtlichen Spannungen
- Verständnis für mehrachsige Beanspruchungszustände und Festigkeitshypothesen in Verbindung mit den werkstoffspezifischen Versagenskriterien
- Verständnis für die Auswirkungen von Kerben auf Maschinenbauteile unter statischer und dynamischer Beanspruchung
- Verständnis für Werkstoffkennwerte und den Einfluss der Bauteilgröße und des Oberflächenzustandes sowie Gegenüberstellung zu dazugehörigen Versagenskriterien.

Die Studierenden gewinnen ein funktionsorientiertes Verständnis für und Überblick zu gängigen Maschinenelementen sowie Vertiefung zahlreicher Maschinenelemente unter Berücksichtigung derer spezifischen Merkmale, Eigenschaften und Einsatzbedingungen. Insbesondere wird hierbei ein Schwerpunkt auf das Erlangen eines Verständnisses für Wirkprinzipien und Gestaltung gelegt. Im Einzelnen für:

- Schweißverbindungen
- formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen
- Bolzen- und Stiftverbindungen
- reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen
- Elemente von Schraubenverbindungen unter besonderer Berücksichtigung des Maschinenelements Schraube (Gewinde), sowie Schraubensicherungen
- rotatorische Wälzlager und Wälzlagerungen. Hierzu ein Verständnis für die konstruktive Gestaltung von Wälzlagerstellen, insbesondere Passungswahl und Lageranordnungen
- statische und dynamische Dichtungen und deren Klassifizierung sowie die Auswahl von Dichtungen unter Berücksichtigung gegebener technischer Randbedingungen
- Basiswissen über Antriebssysteme, Antriebsstränge und Antriebskomponenten, Verständnis für Last- und Beschleunigungsdrehmomente und zu reduzierende Trägheitsmomente. Hierbei Aufzeigen von Querverweisen zu den in den Lehrveranstaltungen Regelungstechnik und Elektrische Antriebstechnik zu erwerbenden Kompetenzen
- Zahnradgetriebe mit Fokus auf Stirnräder und Stirnradgetriebe. Hierbei Verständnis des Verzahnungsgesetzes und der Geometrie der Evolventenverzahnung für Gerad- und Schrägverzahnung
- nicht-schaltbare und schaltbare Kupplungen, Klassifizieren von Kupplungen nach deren Funktions- und Wirkprinzipien, Auswahl von Kupplungen unter Berücksichtigung gegebener technischer Randbedingungen

#### **Anwenden**

Die Studierenden vertiefen Teile des unter Punkt 1.2 beschriebenen Verständnisses durch die Anwendung von spezifischen Berechnungsmethoden. Dies umfasst insbesondere folgende Themenbereiche:

- Berechnung von Maßtoleranzen
- Berechnung von Schweißverbindungen und der Tragfähigkeit von Schweißverbindungen nach dem Verfahren von NIEMANN
- Berechnung formschlüssiger Welle-Nabe-Verbindungen, insbesondere Passfederverbindungen auf Basis von DIN 6892 und Keilwellenverbindungen sowie deren Gültigkeitsgrenzen
- Berechnung einfacher Bolzen- und Stiftverbindungen sowie deren Gültigkeitsgrenzen
- Berechnung von zylindrischen Quer- und Längspressverbänden in Anlehnung an DIN 7190 (elastische Auslegung) sowie von Kegelpressverbänden
- Überprüfung längs- und querbelasteter, vorgespannter Schraubenverbindungen in Anlehnung an VDI 2230 im Hinblick auf Anziehdrehmoment, Bruch, Fließen und Dauerbruch der Schraube unter Einfluss von Setzvorgängen und Schwankungen beim Anziehen
- Berechnung der Tragfähigkeit von Wälzlagern für statische und dynamische Betriebszustände auf Basis von DIN ISO 76 und DIN ISO 281 (nominelle und erweiterte modifizierte Lebensdauer)
- Berechnung von Übersetzungen, Wirkungsgraden und Drehmomentverhältnissen in Getrieben
- Berechnung von Verzahnungsgeometrien auf Basis von DIN 3960
- Berechnung von am Zahnrad wirkenden Kräften und Ermittlung der Zahnfuß- und der Grübchentragfähigkeit in Anlehnung an DIN 3990 sowie deren Gültigkeitsgrenzen

### **Analysieren**

Die Studierenden erlernen mithilfe dem Verständnis aus 1.2 und den Berechnungsmethoden aus 1.3 definierte Problemstellungen im Kontext der Maschinenelemente sowie deren Zusammenwirken zu lösen.

Hierzu gehört:

- Analyse der auf ein Bauteil wirkenden Belastungen. Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Statik erworbenen Kompetenzen
- Analyse der aus den Belastungen resultierenden Beanspruchungen mit Fokus auf die Beanspruchung stabförmiger Bauteile, Kontaktbeanspruchung sowie Instabilität stabförmiger Bauteile (Knicken). Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Elastostatik erworbenen Kompetenzen
- Analyse und Beurteilung von Lastannahmen sowie des zeitlichen Verlaufs von Beanspruchungen (statisch, dynamisch)

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung von Kerbspannungen auf Basis von Kerbform-, Kerbwirkungszahlen und plastischen Stützzahlen unter Berücksichtigung von Oberflächeneinflüssen</li> <li>• Auswahl von Vergleichsspannungshypothesen und Ermittlung von Vergleichsspannungen</li> <li>• Auswahl von Maßtoleranzen</li> <li>• Auswahl von Wälzlagern und Grobgestaltung von Wälzlagerstellen. Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Wälzlagertechnik zu erwerbenden Kompetenzen</li> <li>• Auswahl gängiger Maschinenelemente unter Funktionsgesichtspunkten sowie Auslegen ausgewählter Maschinenelemente</li> </ul> <p><b>Evaluieren (Beurteilen)</b></p> <p>hnungen. Besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf der Überprüfung der Festigkeit von Maschinenbauteilen im Zuge von Dimensionierungsaufgaben und Tragfähigkeitsnachweisen in Anlehnung an die einschlägige FKM-Richtlinie sowie Beurteilung der durchgeführten Berechnungen unter besonderer Berücksichtigung von Unsicherheiten, welche Ausdruck in der Wahl von Mindestsicherheiten finden.</p> <p>Die Studierenden erlernen somit Möglichkeiten zur Beurteilung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen unter Funktionsgesichtspunkten</li> <li>• Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen unter Tragfähigkeitsgesichtspunkten</li> </ul> <p><b><u>Lern- bzw. Methodenkompetenz</u></b></p> <p>Die Studierenden erlernen Verfahren und Methoden zur Einschätzung und Bewertung von Maschinenelementen, einschließlich der Befähigung, Berechnungsansätze und Gestaltungsgrundsätze auch auf andere Maschinenelemente, die nicht explizit im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt wurden, zu übertragen.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Darstellungslehre I</li> <li>• Statik und Festigkeitslehre</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                         |         |
|----|-----------------------------------------|---------|
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95010 | <b>Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik</b><br>Foundations of drive engineering                                                                                                                                                               | <b>5 ECTS</b>                  |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Praktikum: Praktikum Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik (3 SWS, SoSe 2025)<br>Vorlesung: Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik (2 SWS, WiSe 2024)<br>Übung: Übungen zu Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik (1 SWS, WiSe 2024) | 1,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>1 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Babak Dianati<br>Philipp Sisterhenn<br>Zidan Zhao<br>Shan Jiang<br>Alexander Pfannschmidt<br>Sara Hosseini<br>Prof. Dr.-Ing. Susanne Lehner<br>Dr.-Ing. Jens Igney                                                                                   |                                |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | *Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik*<br>*Einleitung; Grundlagen:* Leistung und Wirkungsgrad, Physikalische Grundgesetze, Induktivitäten<br>*Gleichstromantriebe:* Gleichstrommotor, Konventionelle Drehzahlstellung<br>*Drehstromantriebe:* Grundlagen und Drehfeld, Synchronmaschine, Asynchronmaschine, Konventionelle Drehzahlstellung<br>*Praktikum Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik*<br>Die Studierenden führen im Labor drei Versuche durch:<br>V1 Gleichstromantrieb<br>V2 Asynchronmaschine am Pulsumrichter<br>V3 Asynchronmaschine - Stationäres Betriebsverhalten<br>Vor dem jeweiligen Versuch bereiten die Teilnehmer sich anhand der Unterlagen des Moduls "Grundlagen der elektrischen Antriebstechnik" und spezieller Unterlagen zum Versuch vor. Nach dem Versuch ist eine Ausarbeitung anzufertigen. |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | *Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik*<br>Kenntnisse und Verständnis der grundsätzlichen Funktionsweise elektrischer Maschinen, deren stationären Betrieb und die konventionelle (verlustbehaftete) Drehzahlstellung<br>*Die Studierenden* <ul style="list-style-type: none"> <li>haben einen Überblick über die Elektrische Antriebstechnik</li> <li>kennen die Einsatzgebiete und Verbreitung elektrischer Antriebe sowie deren wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung</li> <li>kennen die am weitesten verbreiteten Typen elektrischer Maschinen</li> <li>kennen und verstehen bei Gleichstrommaschinen</li> </ul> - Aufbau und Funktionsweise<br>- fachspezifische Begriffe                                                                                                                                            |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feldverläufe in der Maschine</li> <li>- Kommutierung</li> <li>- beschreibende Spannungs- und Drehmomentgleichungen</li> <li>- stationären Betrieb und Betriebskennlinien</li> <li>- Drehmoment- Drehzahlkennlinie</li> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ kennen passive und aktive Halbleiterbauelemente - Diode - Thyristor - Bipolartransistor - IGBT - MOS-Transistor - GTO-Thyristor kennen und verstehen bei Gleichstromantrieben - Aufbau und Funktionsweise - Methoden zur Drehzahlstellung und Spannungsstellung</li> <li>- elektronische Schaltungen und Ansteuermethoden</li> <li>- Gleichrichter - Tiefsetzsteller - Methode der Pulsweitenmodulation kennen und verstehen bei Drehstromantrieben - Aufbau und Funktionsweise - Methoden zur Drehzahlstellung und Spannungsstellung</li> <li>- elektronische Schaltungen und Ansteuermethoden</li> <li>- 3-phasiger Gleichrichter - ungesteuert/gesteuert - 3-phasiger Wechselrichter - Aufbau und Funktionsweise - Pulsweitenmodulation - Sinus-Dreieck-Modulation - U/f-Betrieb wenden die theoretische Grundlagen an und berechnen einfache lineare und nichtlineare Magnetkreise berechnen induzierte Spannungen und Drehmomente bei elektrischen Maschinen ermitteln auf Basis gegebener Kennwerte Arbeitspunkte auf der Betriebskennlinie erklären die Funktionsweise des Tiefsetzstellers und des gesteuerten 3-phasigen Gleichrichters entwickeln und wenden Zeigerdiagramme zur Darstellung des stationären Betriebsverhaltens von Drehfeldmaschinen an *Praktikum Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik* Die Grundkenntnisse aus Vorlesung und Übung "Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik" sollen gefestigt und erweitert werden. Der praktische Umgang mit elektrischen Antrieben und der zugehörigen Messtechnik soll erlernt werden.</li> </ul> </li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>*Vorlesung Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik*</p> <p>Die bestandene Prüfung im Fach "Grundlagen der Elektrotechnik I und II" ist ausdrücklich empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme am Praktikum "Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik". Siehe Hinweis auf den Anschlagbrettern des Lehrstuhls und auf der Homepage.</p> <p>*Praktikum Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik*</p> <p>*Zulassungsbeschränkung:* Teilnahme ist *auch ohne* bestandener bzw. abgelegter Prüfung im Fach "Grundlagen der Elektrischen Antriebstechnik" möglich.</p> <p>Grundlagen der Elektrotechnik I und II</p> <p>*Anmeldung über StudOn*</p> <p><a href="http://www.studon.uni-erlangen.de/crs687913.html">http://www.studon.uni-erlangen.de/crs687913.html</a></p> <p>*Ansprechpartner: Shima Khoshzaman, M.Sc.*</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3;4                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Praktikumsleistung<br>Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)<br>Das Praktikum besteht aus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• häusliche Vorbereitung</li> <li>• Dokumentation</li> <li>• 3 Versuche</li> </ul> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Praktikumsleistung (0%)<br>Klausur mit MultipleChoice (100%)                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 2 Semester                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Skript zur Vorlesung<br><br>Script accompanying the lecture                                                                                                                                                           |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95040 | <b>Praktikum Mechatronische Systeme</b><br>Laboratory: Mechatronic systems                                                                                                            | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Martin März                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die interdisziplinäre Produktentwicklung</li> <li>• Anwendung des Grundlagenwissens aus dem Maschinenbau und der Elektrotechnik durch die Erarbeitung einer Lösung und deren praktische Umsetzung anhand einer konkreten Aufgabenstellung</li> <li>• Förderung der Teamfähigkeit durch teamorientierte Bearbeitung der Aufgabenstellung</li> <li>• Förderung des Zeitmanagements durch projektbezogene Bearbeitung der Aufgabenstellung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Anwenden</p> <p>berechnen die Komponenten (Mechanik, Antrieb, Elektronik, Sensorik) für die Auslegung eines Mechatronischen Systems</p> <p>defnieren geeignete Schnittstellen zwischen den Teilsystemen</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <p>können interdisziplinäre Projekte durchführen</p> <p>können eine umfangreiche Aufgabenstellung in Teilbereiche aufteilen und als Gruppe bearbeiten</p> <p>verstehen die Arbeitsschritte bei der Entwicklung eines mechatronischen Systems</p> <p>können kosteneffiziente Lösungen finden</p> <p>können Probleme in der Gruppe lösen</p> <p>bauen ein vollständiges Mechatronisches System</p> <p>Selbstkompetenz</p> <p>sind in der Lage vorgebene Aufgaben in einem festgelegten Zeitrahmen durchzuführen (Zeitmanagement)</p> <p>können technische Ergebnisse präsentieren</p> <p>können eigene Ideen in der einer Gruppe präsentieren</p> <p>können in einer Gruppe unterschiedliche Lösungsansätze diskutieren</p> <p>Sozialkompetenz</p> <p>sind in der Lage zielorientiert in der Gruppe zusammenzuarbeiten</p> <p>lernen eigene Fähigkeiten in die Gruppe einzubringen</p> <p>bearbeiten eine Aufgabenstellung gemeinsam als Gruppe</p> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlen: Grundlagen der Produktentwicklung, Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Antriebstechnik, Grundlagen der Informatik, Sensorik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | <p>Praktikumsleistung</p> <p>Die Praktikumsleistung umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahme am Vorbesprechungstermin incl. Sicherheitsunterweisung</li> <li>• Teilnahme an den wöchentlichen Teambesprechungen</li> <li>• Präsentation der Zwischenergebnisse an den das jeweilige Team betreuenden Lehrstühlen (zwei Termine zu je 30 Min.)</li> <li>• Präsentation des entwickelten mechatronischen Systems bei der gemeinsamen Abschlussveranstaltung des Praktikums (je Team 45 Min. incl. Diskussion)</li> <li>• Nachweis der Funktionsfähigkeit des entwickelten mechatronischen Systems beim Abschlusswettbewerb (Veranstaltungsdauer 2 Stunden (alle Teams))</li> <li>• Bestehen des Endtesttats (nach Abgabe aller geforderter Unterlagen und Funktionsnachweise)</li> </ul> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Praktikumsleistung (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|   |                                  |                                                                                                                                      |               |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95630 | <b>Werkstoffkunde für Mechatronik</b><br>Materials science for mechatronics                                                          | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Werkstoffkunde 1 (4 SWS)                                                                                                  | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Kyle Grant Webber<br>apl. Prof. Dr. Stefan Rosiwal<br>apl. Prof. Dr. Heinz Werner Höppel<br>Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wissensvermittlung zu Grundlagen der Werkstoffkunde</li> <li>Werkstofftechnik, Werkstoffanwendungen, Werkstoffauswahl, Normung und Bezeichnung</li> <li>Metallurgie, Kunststofftechnik, Gläser und Keramiken, Verbundwerkstoffe</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erwerben Überblickswissen über kristalline Werkstoffe, Polymere, Gläser und Keramiken.</li> <li>Erwerben Kenntnisse über Zustandsdiagrammen mit besonderer Betonung des Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagrammes.</li> <li>Erwerben Kenntnisse der verschiedenen metallischen Werkstoffgruppen wie Stahl, Gußeisen, Leichtmetalle (Aluminium, Magnesium, Titan) und Superlegierungen. Es erfolgt eine Untergliederung in die Einzelkapitel Erzeugung, Verarbeitung, wichtige Legierungen und Anwendung.</li> <li>Erwerben Kenntnisse in Polymerisationsverfahren, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von amorphen und teilkristallinen Polymeren und deren Einfluss auf das mechanische Verhalten.</li> <li>Können das Verformungsverhalten von Polymerwerkstoffen anhand von Modellen und molekularen Verformungsmechanismen für die verschiedenen Zustandsbereiche beschreiben, wobei auch auf heterogene Werkstoffe wie Faserverbunde eingegangen wird.</li> <li>Erhalten Überblickswissen über den Abbau und die Alterung von Kunststoffen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundkenntnisse aus der Chemie und Physik, insbesondere Mechanik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | Pflichtmodul Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur<br>120 Minuten<br>elektronische Prüfung, über 75% MultipleChoice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                             |                                         |
|----|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>                  | nur im Wintersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    |                                         |

# Wahlpflichtmodule

# 1 Regelungstechnik

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92430 | <b>Ereignisdiskrete Systeme</b>                                                                                                                                                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Thomas Moor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Formale Sprachen als Modelle ereignisdiskreter Dynamik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• reguläre Ausdrücke, endliche Automaten, Nerode-Äquivalenz</li> <li>• natürliche Projektion, synchrone Komposition, Konfliktfreiheit.</li> </ul> <p>Entwurf ereignisdiskreter Regler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherheitsspezifikation, Konfliktfreiheit</li> <li>• supremale steuerbare Teilsprache, Fixpunktiterationen</li> <li>• Normalität, Regelung unter eingeschränkter Beobachtbarkeit.</li> </ul> <p>Anwendungsstudie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellbildung eines einfachen technischen Prozesses</li> <li>• Spezifikation/Entwurf/Simulation am Anwendungsbeispiel</li> </ul>                                        |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Teilnehmer dieser Veranstaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären, illustrieren und validieren die vorgestellten Grundlagen formaler Sprachen,</li> <li>• entwickeln einfache Ergänzungen zu den vorgestellten Grundlagen formaler Sprachen,</li> <li>• erklären und illustrieren die vorgestellten Entwurfsverfahren,</li> <li>• überprüfen die vorgestellten Entwurfsverfahren hinsichtlich einzelner Lösungseigenschaften,</li> <li>• entwickeln ereignisdiskrete Modelle einfacher technischer Prozesse, einschließlich formaler Spezifikationen,</li> <li>• wählen im Kontext einfacher technischer Prozesse geeignete Entwurfsverfahren aus und wenden diese kritisch an,</li> <li>• bewerten ihre Regelkreise im Simulationsexperiment.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Es wird empfohlen, eines der folgenden Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungstechnik A (Grundlagen) (RT A)</li> <li>• Einführung in die Regelungstechnik (ERT)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Schriftliche Prüfung (Klausur, mit 90 Minuten Dauer).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                             |                                                                                          |
|----|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | Cassandras, C.G., Lafortune, S.: Introduction to Discrete Event<br>Systems, Kluwer, 1999 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92519 | <b>Robotics 1</b>                                                                                                                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen<br>Dr.-Ing. Andreas Völz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | This lecture introduces the fundamentals of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: <ul style="list-style-type: none"> <li>Modeling: coordinate systems and transformations, parameterization of rotation matrices, forward and inverse kinematics, Jacobians and singularities</li> <li>Trajectory planning: polynomial and trapezoidal trajectories, trajectories with intermediate points, trajectories in task space</li> <li>Linear control: actuator dynamics, decentralized motion control, basics of task space and force control</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | After successful completion of the module, students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>mathematically describe and analyze the kinematics of robotic manipulators.</li> <li>plan trajectories for robot motions.</li> <li>design and implement linear methods for robot motion and force control.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Basis knowledge of advanced mathematics</li> <li>Basic knowledge of control theory</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005.</li> <li>B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

- |  |                                                                                                                             |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.</li></ul> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92528 | <b>Numerical Optimization and Model Predictive Control</b><br>Numerical optimization and model predictive control                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Many problems in economy and industry require an optimal solution under consideration of specific criteria and constraints. From a mathematical point of view, this requires the numerical solution of a parametric optimization problem or a dynamic optimization problem. The latter formulation accounts for the dynamics of the underlying process and is particularly relevant in the context of optimal control and model predictive control (MPC).</p> <p>In summary, the course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to and examples of static and dynamic optimization problems</li> <li>• Unconstrained numerical optimization (optimality conditions, numerical methods)</li> <li>• Constrained numerical optimization (linear/quadratic/nonlinear problems, optimality conditions, numerical methods)</li> <li>• Dynamical optimization / optimal control problems (calculus of variations, optimality conditions, PMP, numerical methods)</li> <li>• Nonlinear model predictive control (formulations, stability, real-time solution)</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After successful completion of the module, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• differentiate the problem classes of parametric and dynamic optimization</li> <li>• formulate and analyze practical optimization problems</li> <li>• derive and solve the optimality conditions for unconstrained and constrained optimization problems using state-of-the-art software tools</li> <li>• classify the different formulations and stability criteria for nonlinear model predictive control</li> <li>• design a model predictive controller for a given control task and analyze the performance and stability properties in closed loop</li> <li>• realize and implement a real-time MPC for highly dynamical nonlinear systems with sampling times in the (sub)millisecond range using modern state-of-the-art (N)MPC software</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Basic knowledge of advanced mathematics (especially linear algebra)</p> <p>Basic knowledge of dynamical systems in time domain description (e.g. Regelungstechnik B)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p>S. Boyd, L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004</p> <p>J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization. New York: Springer, 2006</p> <p>M. Papageorgiou, M. Leibold, M. Buss. Optimierung. Berlin: Springer, 2012</p> <p>C.T. Kelley. Iterative Methods for Optimization. Society for Industrial und Applied Mathematics (SIAM), 1999</p> <p>D.P. Bertsekas. Nonlinear Programming. Belmont. Athena Scientific, 1999</p> <p>E. Camacho, C. Alba. Model Predictive Control. 2. Auflage, Springer, 2004</p> <p>L. Grüne, J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms, Springer, 2011</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92529 | <b>Nonlinear Control Systems</b><br>Nonlinear control systems                                                                                                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Many control problems are nonlinear by nature. Classical control methods are based on linear approximations or a linearization of these systems in the neighborhood of setpoints to be controlled. In contrast to linear control theory, this module focuses on advanced nonlinear methods for the analysis and control of nonlinear systems by exploiting structural properties. In summary, the course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examples of nonlinear physical systems and nonlinear phenomena</li> <li>• Introduction to computer algebra software</li> <li>• Analysis of nonlinear systems</li> <li>• Stability of nonlinear systems (Lyapunov stability)</li> <li>• Lyapunov-based control design (Backstepping)</li> <li>• Reachability/controllability and observability of nonlinear systems</li> <li>• Exact linearization via feedback</li> <li>• Differential flatness of nonlinear systems</li> <li>• Flatness-based feedforward and feedback control of nonlinear systems</li> </ul> |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After successful completion of the module, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe and analyze nonlinear systems</li> <li>• determine the input/output behavior of nonlinear systems</li> <li>• design nonlinear state feedback controllers via exact input-output and input-state linearization</li> <li>• apply the concept of differential flatness for the feedforward feedback control of nonlinear systems</li> <li>• use computer algebra software for the analysis and control design of nonlinear systems</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Basic knowledge of advanced mathematics<br/>Linear control theory (state space methods), e.g. "Regelungstechnik B"</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br/>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• H.K. Khalil. Nonlinear Systems, Prentice Hall, 2002</li> <li>• S. Sastry. Nonlinear Systems, Springer, 1999</li> <li>• A. Isidori. Nonlinear Control Systems, Springer, 3. Auflage, 1995</li> <li>• J. Adamy. Nichtlineare Regelungen, Springer, 2009</li> <li>• J.-J. Slotine, W. Li. Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991</li> <li>• M. Vidyasagar. Nonlinear Systems Analysis, Prentice Hall, 2. Auflage, 1993</li> <li>• M. Krstic, I. Kanellakopoulos, P. Kokotovic. Nonlinear and Adaptive Control Design, John Wiley &amp; Sons, 1995</li> </ul> |

|   |                                  |                                         |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92535 | <b>Robotics 2</b>                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Robotics 2 (4 SWS) | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Andreas Völz                   |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen<br>Dr.-Ing. Andreas Völz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>This lecture introduces advanced methods of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamics: Euler-Lagrange formulation, recursive Newton-Euler algorithm, extensions of the dynamical model</li> <li>• Nonlinear control: Lyapunov stability, gravity compensation, inverse dynamics, adaptive control, task space control</li> <li>• Motion planning: Time-optimal trajectory generation, collision checking, configuration space, local path planning, global path planning</li> <li>• Mobile robots: Basics of control and planning</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive the dynamical model of a robotic manipulator using the Euler-Lagrange equations and the recursive Newton-Euler algorithm</li> <li>• design and implement nonlinear methods for robot motion and force control and analyze their stability using Lyapunov theory</li> <li>• plan collision-free motions for robots in known environments using local and global planning algorithms</li> </ul>                                                                                                                                                                     |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Recommended prior knowledge: Basics of advanced mathematics, control theory and robotics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005.</li> <li>• B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

- |  |                                                                                                                                                                                                          |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.</li><li>• S. LaValle: Planning algorithms, Cambridge University Press, 2006.</li></ul> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94961 | <b>Schätzverfahren in der Regelungstechnik</b><br>Estimation Methods for Control Systems                                                                                              | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Thomas Moor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überbestimmte lineare Gleichungssysteme zur Parameter- und Zustandsschätzung</li> <li>• Least Squares Schätzer via quadratischer Ergänzung</li> <li>• Least Squares Schätzer via Projektionssatz</li> <li>• Linear Least Mean Squares Schätzer stochastischer Größen</li> <li>• Kalman-Filter</li> <li>• Extended Kalman-Filter</li> </ul>                                                                                                  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen, ob und wie eine regelungstechnische Problemstellung in dem vorgestellten Rahmen der Schätzverfahren formuliert und gelöst werden kann</li> <li>• erläutern die herangezogenen mathematischen Grundlagen, insbesondere aus der linearen Algebra</li> <li>• können die vermittelten Ansätze im Kontext von einfachen Beispielen anwenden und die jeweils erzielten Ergebnisse kritisch bewerten.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Grundlagen der Analysis und Algebra, wie sie z.B. in den Veranstaltungen "Mathematik für Ingenieure" angeboten werden;<br/>Grundlagen der Regelungstechnik, z.B. durch Belegung der Module:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungstechnik A (Grundlagen)</li> <li>• Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden)</li> </ul>                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Kailath et al.; Linear Estimation, Prentice Hall, 2000.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97360 | <b>Digitale Regelung</b><br>Digital control                                                                                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr.-Ing. Andreas Michalka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Es werden Aufbau u. mathematische Beschreibung digitaler Regelkreise für LZI-Systeme sowie Verfahren zu deren Analyse und Synthese betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• quasikontinuierliche Beschreibung und Regelung der Strecke unter Berücksichtigung der DA- bzw. AD-Umsetzer</li> <li>• zeitdiskrete Beschreibung der Regelstrecke als Zustandsdifferenzengleichung oder z-Übertragungsfunktion</li> <li>• Analyse von Abtastsystemen, Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit</li> <li>• Regelungssynthese: Steuerungsentwurf, Zustandsregelung und Beobachterentwurf, Störungen im Regelkreis, Berücksichtigung von Totzeiten, Intersampling-Verhalten".</li> </ul> |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern Aufbau und Bedeutung digitaler Regelkreise.</li> <li>• leiten mathematische Beschreibungen des Abtastsystems in Form von Zustandsdifferenzengleichungen oder z-Übertragungsfunktionen her.</li> <li>• analysieren Abtastsysteme und konzipieren digitale Regelungssysteme auf Basis quasikontinuierlicher sowie zeitdiskreter Vorgehensweisen.</li> <li>• entwerfen Steuerungen, Regelungen und Beobachter und bewerten die erzielten Ergebnisse.</li> <li>• diskutieren abtastregelungsspezifische Effekte und bewerten Ergebnisse im Vergleich mit dem kontinuierlichen Systemverhalten.</li> </ul>                   |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Es wird empfohlen folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungstechnik A (Grundlagen) (RT A) oder Einführung in die Regelungstechnik (ERT)</li> <li>• Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden) (RT B)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Schriftliche Prüfung (Klausur, mit 90 Minuten Dauer).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                   |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94967 | <b>Machine Learning for Control Systems</b>                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Machine Learning for Control Systems (4 SWS) | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Andreas Michalka                                         |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen<br>Dr.-Ing. Andreas Michalka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>The lecture teaches the basic concepts of machine learning methods, which are currently increasingly being used in control engineering. The applications range from simple parameter identification tasks to control methods based entirely on machine learning.</p> <p>Lecture contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic Concepts of Machine Learning and Stochastic Processes</li> <li>• Iterative Learning Control</li> <li>• Linear Regression</li> <li>• Gaussian Process Regression</li> <li>• Logistic Regression and Support Vector Machine</li> <li>• Artificial Neural Networks</li> <li>• Reinforcement Learning</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After successful completion of the module, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the basic concepts of machine learning and the optimization methods used for it as well as the application of such methods in control engineering.</li> <li>• distinguish between and explain in detail the functional principles of different machine learning methods.</li> <li>• apply various methods of machine learning to the design of control systems.</li> </ul>                                                                                                                                                      |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Recommended prior knowledge: Basics of advanced mathematics and control theory                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                         |          |
|----|-----------------------------------------|----------|
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |          |

|   |                                  |                                                          |               |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92241 | <b>Modeling of Control Systems</b>                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Modeling of Control Systems (4 SWS) | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Thomas Moor                                    |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Thomas Moor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordinary differential equations as models of engineering processes</li> <li>• State space representation and linearisation</li> <li>• Control engineering models of mechanical systems</li> <li>• Control engineering models of chemical processes</li> <li>• Numerical methods for the solution of ordinary differential equations</li> </ul>                                                 |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain how to derive models for engineering processes</li> <li>• develop models for the control of basic technical processes</li> <li>• develop models for complex mechanical systems</li> <li>• explain established models for basic chemical processes</li> <li>• discuss and evaluate methods for the numerical solution of ordinary differential equations</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Woods, R.L., Lawrence, K.L.: Modeling and Simulation of Dynamic Systems, Prentice Hall, 1997                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

# 2 Sensorik und Autonome Systeme

|   |                                  |                                                                                                             |                 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>47667 | <b>Seminar Human-Robot Interaction</b><br>Seminar: Human-robot interaction                                  | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Seminar: Seminar Mensch-Roboter-Interaktion (2 SWS)<br>Attendance is required for all sessions in presence. | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle<br>Rodrigo Jose Velasco Guillen<br>Adna Bliet                               |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | In the seminar, students will analyze, present, and discuss recent research topics in human-robot-interaction. This will comprise aspects of cognitive and physical human-robot interaction and related topics of human and engineering sciences. Besides reflecting contemporary literature, the students are asked to conclude and suggest directions for future research. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | On successful completion of this module, students will be able to comprehend and convey recent research challenges in the area of human-robot interaction. Moreover, they are prepared to infer future research lines from recent developments.                                                                                                                              |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Seminarleistung<br>Attendance is required for all 4 sessions in presence totaling to 8h. Self-study accounts to 67h.<br>The final presentation (15 min + 10 min Q&A) accounts to 60% of the final grade and the final report to the remaining 40% (at least 4 pages).                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Seminarleistung (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 10 h<br>Eigenstudium: 65 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Selected research articles.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92345 | <b>Human-centered mechatronics and robotics</b>                                                                                                                                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Human-oriented design methods</li> <li>Biomechanics</li> </ul> <p>Motions, measurement, and analysis<br/>Biomechanical models</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elastic actuators</li> <li>Control methods Cognitive and physical human-robot interaction Empirical research methods</li> <li>Research process and experiment design</li> <li>Research methods, interferences, and ethics System integration and fault treatment The exercise will combine simulation sessions and a flip-the-classroom seminar where student groups present recent research papers and discuss them with all attendees.</li> </ul> </li> </ul> |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>On successful completion of this module, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tackle the interdisciplinary challenges of human-centered robot design.</li> <li>Use engineering methods for modeling, design, and control to develop human-centered robots.</li> <li>Apply methods from psychology (perception, experience), biomechanics (motion and human models), and engineering (design methodology) and interpret their results.</li> <li>Develop robotic systems that are provide user-oriented interaction characteristics in addition to efficient and reliable operation.</li> </ul>                                                                                        |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |

|    |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ott, C. (2008). Cartesian impedance control of redundant and flexible-joint robots. Springer.</li> <li>• Whittle, M. W. (2014). Gait analysis: an introduction. Butterworth-Heinemann.</li> <li>• Burdet, E., Franklin, D. W., &amp; Milner, T. E. (2013). Human robotics: neuromechanics and motor control. MIT press.</li> <li>• Gravetter, F. J., &amp; Forzano, L. A. B. (2018). Research methods for the behavioral sciences. Cengage Learning.</li> <li>• Further topic-specific text books and selected research articles.</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                      |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92346 | <b>Seminar Autonomous Systems and Mechatronics</b><br>Seminar: Autonomous systems and mechatronics                   | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Seminar: Seminar Autonomous Systems and Mechatronics (2 SWS)<br>Attendance is required for all sessions in presence. | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle<br>Yongxu Ren                                                                        |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | In the seminar, students will analyze, present. and discuss recent research topics in autonomous systems and mechatronics. This will comprise mechatronic component, system, and control design as well as advanced methods aiming at autonomous operation. Besides reflecting contemporary literature, the students are asked to conclude and suggest directions for future research. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | On successful completion of this module, students will be able to comprehend and convey recent research challenges in the area of autonomous system and mechatronics. Moreover, they are prepared to infer future research lines from recent developments.                                                                                                                             |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Seminarleistung<br>Attendance is required for all 4 sessions in presence totaling to 8h. Self-study accounts to 67h.<br>The final presentation (15 min + 10 min Q&A) accounts to 60% of the final grade and the final report to the remaining 40% (at least 4 pages).                                                                                                                  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Seminarleistung (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 10 h<br>Eigenstudium: 65 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92347 | <b>Mechatronic components and systems (MCS)</b>                                                                                                                                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>System thinking and integration</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interactions of hardware and software</li> <li>- Engineering design methods</li> </ul> <p>Mechanical components</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energy conductors and transformers</li> <li>- Control elements and energy storages</li> </ul> <p>Actuators</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrodynamical and electromagnetic actuators</li> <li>- Fluid actuators and unconventional actuators <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensors for measuring mechanical quantities</li> <li>• Control and information processing</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>On successful completion of this module, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing.</li> <li>• Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren.</li> <li>• Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design.</li> <li>• Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system.</li> <li>• Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>                  | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.</li> <li>• Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer.</li> <li>• Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                  |                      |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92359 | <b>Robot mechanisms and user interfaces</b>                                                                      | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Robot mechanisms and user interfaces (2 SWS)<br>Übung: UE RMI (2 SWS)<br>Attendance is not mandatory. | 5 ECTS<br><br>5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Mehmet Ege Cansev<br>Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle                                                             |                      |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle<br>Mehmet Ege Cansev                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Mechanical components, short overview/repetition of machine elements, Robot mechanisms, Kinematic parameters and calculations, Evaluation metrics and design methods, Redundant mechanisms and actuation, Human-robot interfaces, Intend detection (sensing) and haptic stimulation (actuators), Interface system design and evaluation, Mechanical and cognitive user models<br>A flip-the-classroom seminar with student presentations and discussion is part of the lecture. The laboratory exercise will be a mini design project in which student groups create their own low-budget haptic human-machine interfaces. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | On successful completion of this module, students will be able to:<br>Understand robot mechanisms and apply kinematic calculations for their design and control, Exploit redundancy in kinematic chains and actuation systems, Know components of human-machine interfaces and be able to design such systematically, Know approaches to model human characteristics and behavior for human-machine interface design.                                                                                                                                                                                                      |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Attendance accounts to 56h and self-study to 94h.<br>It is a written exam that accounts to 100% of the final grade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p>Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.</p> <p>Lenarcic, J., Bajd, T., &amp; Stanisic, M. M. (2013). Robot mechanisms. Springer.</p> <p>Hatzfeld, C., &amp; Kern, T. A. (2016). Engineering haptic devices. Springer.</p> <p>Selected research articles.</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>42801 | <b>Perception in Robotics</b><br>Advanced topics in deep learning                                                                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr. Vasileios Belagiannis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>The students will learn robotic perception topics, including camera models, filtering, transformations, low-level features, point-cloud processing, recognition, pose estimation, localization, mapping, depth, and motion estimation. In the exercises, the students will implement techniques for different perception modules.</p> <p>The lecture topics include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor models</li> <li>• Camera calibration</li> <li>• Feature detection and matching.</li> <li>• Edges, lines, circles.</li> <li>• Transformations.</li> <li>• Multiple views.</li> <li>• Recognition.</li> <li>• Pose estimation.</li> <li>• Localization and mapping.</li> <li>• Depth estimation.</li> <li>• Point-cloud processing.</li> </ul> <p><i>Die Studierenden lernen Themen der Roboterwahrnehmung kennen, darunter Kameramodelle, Filterung, Transformationen, Low-Level-Merkmale, Punktwolkenverarbeitung, Erkennung, Posenschätzung, Lokalisierung, Mapping, Tiefen- und Bewegungsschätzung. In den Übungen werden die Studierenden Methoden für verschiedene Wahrnehmungsmodule implementieren.</i></p> <p><i>Zu den Vorlesungsthemen gehören:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor Modelle</li> <li>• Kamerakalibrierung</li> <li>• Merkmalerkennung und -abgleich.</li> <li>• Kanten, Linien, Kreise.</li> <li>• Transformationen.</li> <li>• Mehrere Views.</li> <li>• Erkennung.</li> <li>• Schätzung der Pose.</li> <li>• Lokalisierung und Mapping.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzung der Tiefe.</li> <li>• Punktwolken-Verarbeitung.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Basic knowledge of image and signal processing</p> <p><i>Grundkenntnisse der Bild- und Signalverarbeitung</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Written examination of 90 min duration</p> <p><i>Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | <p>Klausur (100%)</p> <p>A grade bonus of 0.3 is awarded for regular participation in the exercise assignments. The grade bonus can only be counted towards the overall grade only if the examination is passed. A grade improvement from 5.0 to 4.0 is not possible.</p> <p><i>Für die regelmäßige Teilnahme an den Übungsaufgaben wird ein Notenbonus von 0,3 vergeben. Der Notenbonus kann nur dann auf die Gesamtnote angerechnet werden, wenn die Prüfung bestanden wird. Eine Notenverbesserung von 5,0 auf 4,0 ist nicht möglich.</i></p> |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Szeliski, Richard. Computer vision: algorithms and applications. Springer Nature, 2022.</li> <li>• Thrun, Sebastian, Wolfram Burgard, and Dieter Fox. "Probabilistic robotics.", MIT Press.</li> <li>• Hartley, Richard, and Andrew Zisserman. Multiple view geometry in computer vision. Cambridge University Press, 2003.</li> </ul>                                                                                                                                                                  |

# 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>42919 | <b>Power electronics for decentral energy systems</b><br>Power electronics for decentralized energy systems                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Thomas Eberle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>ENGLISH DESCRIPTION:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, motivation</li> <li>• AC vs. DC grids, DC grid topologies</li> <li>• Application examples, voltage levels</li> <li>• Protection and earthing concepts</li> <li>• Control methods for local DC grids</li> <li>• Modeling the frequency characteristic of switch-mode converters</li> <li>• Impedance measuring under load</li> <li>• Stability analysis in DC grids</li> </ul> <p>Components of local DC grids:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Battery storages (technologies, technical properties, electrical impedance characteristics and equivalent circuits, battery management, monitoring and protection systems (BMS))</li> <li>• Regenerative power sources (PV, fuel cells) and their electrical characteristics</li> <li>• Non-isolating DC/DC converters (basic topologies and properties)</li> <li>• Isolating DC converters (basic topologies and properties)</li> <li>• AC/DC converter (basic topologies and properties)</li> <li>• Switches, plugs and protection devices for DC grids</li> <li>• Arc discharges and their characteristics</li> </ul> <p>DEUTSCHE INHALTSBESCHREIBUNG</p> <p>Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netztopologien</li> <li>• Spannungsebenen, Schutz- und Erdungskonzepte</li> <li>• Anwendungsbeispiele</li> </ul> <p>Komponenten lokaler Gleichspannungsnetze</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batteriespeicher (Technologien, Eigenschaften, elektrisches Impedanzverhalten, Ersatzschaltbilder, Schutz- und Überwachungsschaltungen)</li> <li>• Elektrischen Eigenschaften regenerativer Stromquellen (PV, Brennstoffzellen)</li> <li>• Nicht isolierende Gleichspannungswandler (Grundlagen, Topologien)</li> <li>• Isolierende Gleichspannungswandler (Grundlagen, Topologien)</li> <li>• AC/DC-Wandler (Grundlagen, Topologien)</li> <li>• Schalter, Stecker und Schutzgeräte für Gleichspannung, Lichtbogeneigenschaften</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>Regelung lokaler Gleichspannungsnetze und Stabilitätsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelverfahren für Gleichspannungsnetze</li> <li>• Verfahren zur Impedanzmessung unter Last</li> <li>• Modellierung des Frequenzverhaltens von Schaltwandlern und Netzen</li> <li>• Analyse des Stabilitätsverhaltens</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>ENGLISH DESCRIPTION:</p> <p>Students who participate in this course will become familiar with the basics of decentral energy systems, their components and operation. After successfully completing this module, students:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the structure and topologies of local low-voltage direct current grids, the most important properties and error scenarios</li> <li>• know the electrical properties of battery storage and regenerative power sources</li> <li>• know the basic circuits of the various power electronic converters in a DC grid (DC / DC and AC / DC converters), their advantages and disadvantages</li> <li>• understand the arc problem</li> <li>• know solutions for the implementation of DC-compatible plugs, switches and protective devices</li> <li>• know procedures for controlling decentral DC grids</li> <li>• can model switch-mode converters and grids with regard to their dynamic behavior</li> <li>• know procedures for impedance measurement in grids "under load"</li> <li>• can carry out stability studies on DC grids</li> <li>• are familiar with modern device power supply solutions using protective extra-low voltage</li> </ul> <p>During the practicum students learn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dealing with power electronics measurement equipment</li> <li>• measuring typical characteristics and important parameters of a power electronic circuit</li> <li>• how to avoid the most common measurement problems</li> <li>• safety rules when dealing with power electronics</li> </ul> <p>GERMAN DESCRIPTION:</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen den Aufbau und die Topologien lokaler Niederspannungs-Gleichstromnetze, die wichtigsten Eigenschaften und Fehlerszenarien</li> <li>• kennen die elektrischen Eigenschaften von Batteriespeichern und regenerativen Stromquellen</li> <li>• kennen die Grundsaltungen der verschiedenen leistungselektronischen Wandler in einem Gleichspannungsnetz (DC/DC- und AC/DC-Wandler)</li> <li>• analysieren die Schaltungsoptionen bezüglich ihrer Vor- und Nachteile</li> <li>• verstehen die Lichtbogenproblematik</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Lösungen zur Realisierung von gleichspannungstauglichen Steckern, Schaltern und Schutzgeräten</li> <li>• kennen Verfahren zur Regelung lokaler Gleichspannungsnetze</li> <li>• können Schaltwandler und Netze bezüglich ihres dynamischen Verhaltens modellieren</li> <li>• kennen Verfahren zur Impedanzmessung in Netzen unter Last"</li> <li>• können Stabilitätsbetrachtungen an Gleichspannungsnetzen durchführen</li> <li>• kennen moderne Gerätestromversorgungslösungen mit Schutzkleinspannung</li> </ul>                                                                                                       |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Recommended/Empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of Electrical Engineering I-III, Power Electronics</li> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik I-III, Leistungselektronik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Die Prüfung richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und umfasst entweder eine mündliche Prüfung von 30 min oder eine Klausur von 90 min Dauer.</p> <p>Die Entscheidung für eine Prüfungsform wird in Semestern, in denen die Lehrveranstaltungen stattfinden, spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn in der Lehrveranstaltung bzw. den Lehrveranstaltungen und in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben.</p> <p>In Semestern, in denen keine Lehrveranstaltungen stattfinden, wird die Prüfungsform spätestens zwei Monate vor der Wiederholungsprüfung durch E-Mail an die angemeldeten Prüflinge bekannt gegeben.</p> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>100%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• "Power Electronics for Distributed Power Supply - DC Networks"</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

- |  |                                                                                                                                                                |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Skript zur Vorlesung</li><li>• "Leistungselektronik für dezentrale Energieversorgung - Gleichspannungsnetze"</li></ul> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                     |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92523 | <b>Halbleitertechnik III -<br/>Leistungshalbleiterbauelemente (HL III)</b><br>Semiconductor technology III - Power semiconductor components (HL III)                | <b>5 ECTS</b>   |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Halbleitertechnik III<br>Leistungshalbleiterbauelemente (2 SWS)<br><br>Übung: Übung zu Halbleitertechnik III -<br>Leistungshalbleiterbauelemente (2 SWS) | 5 ECTS<br><br>- |
| 3 | Lehrende                         | Dr. Michael Jank<br>Julian Schwarz                                                                                                                                  |                 |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | PD Dr. Tobias Erlbacher                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Nach einer Einführung in die Anwendungsgebiete, die Historie von Leistungshalbleiterbauelementen und die relevante Halbleiterphysik, werden die heute für kommerzielle Anwendungen relevanten Ausführungsformen von monolithisch integrierten Leistungsbauelemente besprochen.</p> <p>Zunächst werden Bipolarleistungsdioden und Schottkydioden als gleichrichtende Bauelemente vorgestellt.</p> <p>Anschließend werden der Aufbau und die Funktion von Bipolartransistoren, Thyristoren, unipolaren Leistungstransistoren (MOSFETs) und IGBTs erörtert. Dabei wird neben statischen Kenngrößen auch auf Schaltvorgänge und Schaltverluste eingegangen sowie die physikalischen Grenzen dieser Bauelemente diskutiert.</p> <p>Nach einer Vorstellung von in Logikschaltungen integrierter Leistungsbauelemente (Smart-Power ICs) erfolgt abschließend die Diskussion von neuartigen Bauelementkonzepten auf Siliciumkarbid und Galliumnitrid, welche immer stärker an Bedeutung gewinnen.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Aufbau und die Funktion sowie die elektrischen Eigenschaften gängiger Leistungshalbleiterbauelemente</li> <li>• vergleichen Leistungshalbleiterbauelemente auf Wide-Bandgap"-Materialien (SiC, GaN).</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klassifizieren Leistungsbauelemente hinsichtlich statischen und dynamischen Verlusten und Belastungsgrenzen</li> <li>• diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen gängiger Leistungshalbleiterbauelemente</li> <li>• unterscheiden Integrationskonzepte für Leistungshalbleiterbauelemente in integrierte Schaltungen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Neben den Grundkenntnissen in Physik, Chemie und Mathematik sollten die Teilnehmer die Grundlagen der Halbleiterphysik und der Halbleiterbauelemente beherrschen. Es wird empfohlen die Lerninhalte des Moduls "Halbleiterbauelemente" zu Beginn dieser Vorlesung zu wiederholen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of Power Semiconductor Devices, B. J. Baliga, Springer, New York, 2008 ISBN: 978-0-387-47313-0</li> <li>• Halbleiter-Leistungsbaulemente, Josef Lutz, Springer, Berlin, 2006 ISBN: 978-3-540-34206-9</li> <li>• Leistungselektronische Bauelemente für elektrische Antriebe, Dierk Schröder, Berlin, Springer, 2006 ISBN: 978-3-540-28728-5</li> <li>• Physics and Technology of Semiconductor Devices, A. S. Grove, Wiley, 1967, ISBN: 978-0-471-32998-5</li> <li>• Power Microelectronics - Device and Process Technologies, Y.C. Liang und G.S. Samudra, World Scientific, Singapore, 2009 ISBN: 981-279-100-0</li> <li>• Power Semiconductors, S. Linder, EFPL Press, 2006, ISBN: 978-0-824-72569-3</li> <li>• V. Benda, J. Gowar, D. A. Grant, Power Semiconductor Devices, Wiley, 1999</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96040 | <b>Berechnung und Auslegung Elektrischer Maschinen</b><br>Analysis and design of electrical machines                                                                                  | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p><b>*Ziel:*</b><br/>Die Studierenden sind nach Teilnahme an dem Modul in der Lage, die grundsätzlichen Methoden zur Berechnung und Auslegung elektrischer Maschinen anzuwenden, vorgegebene Magnetkreise elektrischer Maschinen zu analysieren und zu bewerten, sowie die aktiven Baugruppen und Bauteile einer elektrischen Maschine zu entwickeln.</p> <p><b>*Aim:*</b><br/>After the participation in the module the students are able to apply the basic concepts and methods of the calculation and design of electrical machines, to analyze and to evaluate some given magnetic circuits, and to create the active parts of an electrical machine.</p> <p><b>*Inhalt:*</b><br/>Berechnungsmethoden:<br/>Physikalische Vorgänge in elektrischen Maschinen; Maxwellsche Gleichungen in integraler und differentieller Form; Mechanismen der Krafterzeugung; einfaches Spulenmodell als elektrische Elementarmaschine; Wicklungsanalyse; Wicklungsentwurf; Nutenspannungstern; Magnetkreisanalyse; magnetisches Netzwerk; magnetische Widerstände und Leitwerte; Streuleitwerte; Finite-Differenzen-Methode; Finite-Elemente-Methode; Thermisches Verhalten;<br/>Entwurf und Auslegung:<br/>Strombelag; Luftspaltflussdichte; Kraftdichte; Entwurfsmodell für elektrische Maschinen; Wachstumsgesetze;<br/>Auslegung elektrischer Maschinen; Analytisch-numerische Methoden; Optimierungsmethoden</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die grundsätzlichen Methoden zur Berechnung und Auslegung elektrischer Maschinen anzuwenden und das dynamische, sowie stationäre Betriebsverhalten elektrischer Maschinen vorauszusagen,</li> <li>• vorgegebene Magnetkreise und Wickelschemata elektrischer Maschinen zu untersuchen, vergleichend gegenüberzustellen und hinsichtlich der Auswirkungen auf</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>die Betriebseigenschaften der elektrischen Maschine zu charakterisieren. Sie können für spezielle Vorgaben an das Betriebsverhalten geeignete Magnetkreisstrukturen und Wickelschemata auswählen,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gegebene aktive Bauteile und Baugruppen in elektrischen Maschinen bezüglich deren Einfluss auf das zu erwartende Betriebsverhalten zu bewerten und sich ggfs. für eine gezielte Modifikation der Bauteile und Baugruppen zu entscheiden,</li> <li>• die elektromagnetischen Bauteile und Baugruppen elektrischer Maschinen selbständig zu konzipieren, im Detail auszuarbeiten und zu entwickeln, um gegebene Anforderungen an das Betriebsverhalten der elektrischen Maschine zu erfüllen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Vorlesung: Elektrische Maschinen I<br>Übung: Elektrische Maschinen I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Vorlesungsskript                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|   |                                  |                                                                                                               |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96120 | <b>Elektrische Antriebstechnik II</b><br>Electrical drives II                                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Elektrische Antriebstechnik II (1 SWS)<br>Vorlesung: Elektrische Antriebstechnik II (3 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Marco Eckstein<br>Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                    |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p> *Elektrische Antriebstechnik II* </p> <p>*Regelung drehzahlveränderbarer Antriebe (Übersicht)*</p> <p>*Regelung der Gleichstrommaschine*</p> <p>*U/f-Steuerung von Drehstromantrieben*</p> <p>*Regelung von Drehstromantrieben:* Feldorientierte Regelung mit Geber:</p> <p>Asynchronmaschine, Permanenterregte Synchronmaschine mit Sinusstrom, Elektrisch erregte Synchronmaschine; Direktumrichter; Stromrichter motor; Asynchronmaschine mit Phasenfolgelösung; Permanenterregte Synchronmaschine mit Blockstrom</p> <p>*Vergleich der Eigenschaften von Antrieben mit Pulsumrichter und Asynchronmaschine und elektr./perm. erregter Synchronmaschine</p> <p>Digitale Feldbusse:* Einleitung, Grundlegende Eigenschaften, Beispiele</p> <p> *Electrical Drives (Part II)* </p> <p>*Control of speed-adjustable drives (overview)*</p> <p>*Closed-loop control for DC-drives*</p> <p>*V/f-control for three-phase AC-drives*</p> <p>*Closed-loop control for three-phase AC-drives:* field-orientated closed-loop control with sensor: Asynchronous machine, Permanent-magnet synchronous machine with sinusoidal current, Synchronous machine with electrical excitation; Cyclo-converter; Converter motor; Asynchronous machine with phase-sequence commutation; Permanent-magnet synchronous machine with square wave current</p> <p>*Comparison of inverter-fed drives with asynchronous machine, synchronous machine with electrical and permanent magnet excitation</p> <p>Digital field busses:* Introduction, Basic features, Examples</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>*Ziel*</p> <p>Die Studierenden entwerfen und berechnen die klassischen Strukturen der Regelung von Gleichstrom- und Drehfeldantrieben, mit besonderem Gewicht auf der Feldorientierten Regelung.</p> <p>*Lernziele:*</p> <p>*Regelung der Gleichstrommaschine:* Die Studierenden erstellen das Blockschaltbild der klassischen Kaskadenregelung der Gleichstrommaschine und wählen geeignete Übertragungsfunktionen für den Strom-, Drehzahl und Lageregelkreis.</p> <p>*Feldorientierte Regelung mit Geber:* Die Studierenden erläutern das Prinzip der feldorientierten Regelung im Vergleich mit der Regelung der Gleichstrommaschine und nennen die Schritte beim Erstellen der Regelungsstruktur. Die Studierenden leiten aus</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>den allgemeinen Modellgleichungen der Maschine mit Hilfe von Raumzeigertransformation und Koordinatentransformation die Ständer- und Läufergleichungen für ein beliebiges Koordinatensystem ab. Die Studierenden wählen abhängig vom Maschinentyp (Asynchronmaschine, permanenterregte und elektrisch erregte Synchronmaschine) ein Koordinatensystem in dem Fluss und Drehmoment voneinander entkoppelt beeinflussbar sind und erstellen das Blockschaltbild für die Feldorientierte Regelung inklusive der Fluss-Modelle.</p> <p><b>*Lagegeberlose Regelung:</b>* Die Studierenden nennen die wichtigsten Verfahren der lagegeberlosen Regelung und leiten diese aus den Modellgleichungen der Maschinen ab. Sie erstellen das Blockschaltbild einer testsignalbasierten geberlosen Regelung. Sie unterscheiden die Einsatzbereiche und Grenzen der vorgestellten lagegeberlosen Verfahren.</p> <p><b>*Direct Torque Control:</b>* Die Studierenden erstellen das Blockschaltbild der Direct Torque Control und leiten die Modellgleichungen für die Gewinnung des Drehmoment- und Flusssignals aus den allgemeinen Modellgleichungen der Maschine ab. Die Studierenden zeichnen die Ortskurve des Statorflusses in der Raumzeigerebene für typische Betriebspunkte.</p> <p><b>*Digitale Feldbusse:</b>* Die Studierenden nennen die Struktur und Vorteile der Feldbustechnik im Vergleich zu früheren Automatisierungsstrukturen. Die Studierenden unterscheiden die Merkmale von aktiver und passiver Kopplung, verschiedener Bus-Zugriffsverfahren, Maßnahmen zur Datensicherheit, Möglichkeiten der physikalischen Übertragung und Schnittstellen. Die Studierenden nennen und erläutern die Schichten des OSI-Schichten-Referenzmodells. Sie berechnen Prüfsummen.</p> <p>Knowledge and understanding about the closed-loop control of DC-drives, the principle of the field-orientated closed-loop control for three-phase AC drives with examples and additional closed-loop controls for three-phase AC drives, basic knowledge about digital field busses</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                             |                                               |
|----|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | Skript<br><br>script accompanying the lecture |

|   |                                  |                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96130 | <b>Elektrische Kleinmaschinen</b><br>Small electrical machines                                        | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Elektrische Kleinmaschinen (2 SWS)<br>Vorlesung: Elektrische Kleinmaschinen (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Zidan Zhao<br>Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Grundlagen: Definitionen, Kraft-/Drehmomenterzeugung, elektromechanische Energiewandlung<br/>         Aufbau, Wirkungsweise und Betriebsverhalten von: Universalmotor, Glockenankermotor, PM-Synchronmaschine, Spaltpolmotor, Kondensatormotor, geschaltete Reluktanzmaschine, Schrittmotoren, Klauenpolmotor.<br/>         Basics: Definitions, force and torque production, electromagnetic energy conversion<br/>         Construction, mode of operation and operating behaviour of: universal motor, bell-type armature motor, PM-synchronous machine, split pole motor, condenser motor, switched reluctance machine, stepping motors, claw pole motor<br/>         *Ziel*<br/>         Die Studierenden sind nach der Teilnahme in der Lage, die unterschiedlichen Maschinenkonzepte für elektrische Kleinmaschinen in ihrer Funktionsweise und ihrem Betriebsverhalten zu analysieren, sowie die Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Maschinenkonzepte zu bewerten.<br/>         *Aim:*<br/>         After the participation the students are able to analyze the different machine concepts of small electric machines concerning their basic functionality and operating behaviour, and to evaluate their applicability to industrial problems.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die grundlegenden Wirkzusammenhänge bei der Drehmoment- und Kraftentwicklung elektrischer Maschinen wiederzugeben. Unterschiedliche Maschinenvarianten elektrischer Kleinmaschinen können benannt, in ihrem konstruktiven Aufbau gezeichnet und dargelegt werden,</li> <li>• die grundlegenden Theorien und Methoden zur allgemeinen Beschreibung des stationären Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen auf die einzelnen unterschiedlichen Maschinenkonzepte anzuwenden und für den jeweiligen speziellen Fall zu modifizieren, um daraus das stationäre Betriebsverhalten vorauszusagen,</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zwischen den unterschiedlichsten Maschinekonzepten zu unterscheiden, diese für einen gegebenen Anwendungsfall gegenüberzustellen und auszuwählen,</li> <li>• unterschiedliche elektrische Kleinmaschinen hinsichtlich ihrer Betriebseigenschaften zu vergleichen, einzuschätzen und zu beurteilen. Sie können für unterschiedliche anwendungsbezogene Anforderungen Kriterien für die Auswahl einer geeigneten elektrischen Kleinmaschine aufstellen und sich für eine Maschinenvariante entscheiden.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich<br>90 minütige schriftliche Prüfung.<br><br>90 minutes enduring written exam.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Vorlesungsskript<br><br>Script accompanying the lecture                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96160 | <b>Elektrische Maschinen II</b><br>Electrical machines II                                                                                                                             | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p><b>*Ziel:*</b><br/>Die Studierenden sind nach der Teilnahme in der Lage, den Einfluss höherer Harmonischer im Luftspaltfeld auf das Betriebsverhalten zu bewerten, unterschiedliche elektrische Maschinen hinsichtlich ihres Betriebsverhalten zu analysieren und zu bewerten, einfache Simulationsmodelle für elektrische Maschinen zu entwickeln, sowie den Entwicklungsprozess einer elektrischen Maschine zu analysieren und die Fertigungstechnologien elektrischer Maschinen zu erinnern.</p> <p><b>*Aim:*</b><br/>After the participation the students are able to evaluate the influence of the higher harmonics of the magnetic air gap field on the operating behaviour, to analyze and to evaluate different electrical machine concepts concerning the operating behaviour, to create simulation models for different electrical machine concepts, to analyze the development process and to remember to production technologies used for electrical machines.</p> <p><b>*Inhalt:*</b><br/>Physikalische Grundlagen; elektromechanische Energieumformung; Kraft- und Drehmomenterzeugung;</p> <p>Energieeffizienz; Wirkungsgrad; elektromagnetisch gekoppelte Spulen als Elementarmaschine;<br/>Aufbau allgemeiner Maschinenmodelle aus Elementarmaschinen;<br/>Netzwerktheorie für Maschinenmodelle; Matrizendarstellung;<br/>Grundwellenbetrachtung; Berücksichtigung höherer Harmonischer; stationäres Betriebsverhalten;<br/>dynamisches Betriebsverhalten; Umrichterspeisung; dynamische Simulation;<br/>numerische Methoden zur dynamischen Simulation; industrieller Entwicklungs- und Fertigungsprozess;</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den industriellen Entwicklungsprozess elektrischer Maschinen wiederzugeben und die unterschiedlichen Fertigungstechnologien bei elektrischen Maschinen zu nennen,</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• die allgemeine Theorie zur Beschreibung des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen auf unterschiedliche Maschinenkonzepte anzuwenden, die das Betriebsverhalten beschreibenden mathematischen Zusammenhänge aufzustellen und diese für Voraussagen der Betriebseigenschaften zu benutzen,</li> <li>• unterschiedliche Wickelschemata elektrischer Maschinen hinsichtlich der Oberwellenspektren zu klassifizieren und gegenüberzustellen. Sie können die Einflüsse der Oberwellen auf das Betriebsverhalten charakterisieren und Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung des Betriebsverhaltens erschließen,</li> <li>• Varianten elektrischer Maschinen deren Betriebsverhalten zu beurteilen und zu bewerten,</li> <li>• einfache dynamischer Simulationsmodelle für elektrische Maschine zu entwerfen, auszuarbeiten und zu entwickeln.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Vorlesung: Elektrische Maschinen I<br>Übung: Elektrische Maschinen I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Vorlesungsskript                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|   |                                  |                                                                                                                             |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96230 | <b>Hochleistungsstromrichter für die Elektrische Energieversorgung</b><br>High-power converters in electrical power         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Hochleistungsstromrichter für die EEV (2 SWS)<br>Vorlesung: Hochleistungsstromrichter für die EEV (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Andreas Bammes<br>Dr.-Ing. Gert Mehlmann                                                                                    |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther<br>Dr.-Ing. Gert Mehlmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>In elektrischen Energieversorgungsnetzen aller Spannungsebenen werden immer häufiger leistungselektronische Anlagen und Betriebsmittel zur Versorgung von Abnehmern, zur Integration dezentraler Stromerzeuger (z. B. Windkraftanlagen), zur Kompensation von Blindleistungen, zum Leistungsaustausch zwischen zwei Netzen sowie zur Steuerung des Lastflusses eingesetzt. Sie üben eine starke Rückwirkung auf das Netz und seine Abnehmer durch Verzerrung der Ströme und Spannungen und damit verbundene Blindleistungen aus. Ihr Einsatz muss daher sorgfältig geplant werden. Grundlage dafür sind die stationären Betriebsvorgänge in Drehstromsystemen mit leistungselektronischen Betriebsmitteln (Stromrichtersysteme) und ihre charakteristischen Kenngrößen, deren analytische Berechnung gezeigt wird</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzgeführte Stromrichter: Dreipulsige Elementarstromrichter - sechspulsige Stromrichter - zwölfpulsige Stromrichter - höherpulsige Stromrichter</li> <li>• Beschreibung von Stromrichtersystemen im Zustandsraum: Berechnung des stationären Betriebes als periodische Folge von Schaltvorgängen im Zustandsraum - Resonanz in sechspulsigen Stromrichtersystemen - stationärer Betrieb zwölfpulsiger Stromrichtersysteme</li> <li>• Netzgeführte Drehstromsteller: Gesteuerte Drehstromsteller - Einfluss des Nullsystems auf den Stellerbetrieb - dynamische Reihen- und Parallelkompensation - Resonanzen und ihre Vermeidung</li> <li>• Selbstgeführte Stromrichter: Grundsaltungen - Erzeugung der Ausgangsspannungen von Spannungsumrichtern - stationärer Betrieb im Drehstromnetz - vollständige Lastflusssteuerung - Resonanzen und ihre Vermeidung</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die stationären Betriebsvorgänge in Drehstromsystemen mit leistungselektronischen Betriebsmitteln (Stromrichtersysteme).</li> <li>• analysieren und bewerten unterschiedliche Varianten von Stromrichterschaltungen und deren Verschaltung mit dem Drehstromsystem</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden Verfahren zur Berechnung und Bewertung der charakteristischen Kenngrößen typischer Schaltungsvarianten an.</li> <li>• entwickeln ausgehend von dreipulsigen Elementarstromrichtern Verfahren zur Berechnung höherpulsiger Stromrichter und von dynamischen Kompensationsanlagen im Zustandsraum.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfehlung: Grundlagen der elektrischen Energieversorgung sind für das Verständnis nötig.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel<br>Die Prüfung erfolgt mündlich 30 min lang.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Herold, G.: Elektrische Energieversorgung V. Stromrichter in Drehstromnetzen. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag, 2009                                                                                                                                                                                                                                |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96370 | <b>Pulsumrichter für elektrische Antriebe</b><br>Pulse-controlled converters for electrical drives                                                                                    | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Dr.-Ing. Jens Igney                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | 1. Einleitung<br>2. Bauelemente<br>2.1 IGBTs und Dioden<br>2.2 Entwärmung<br>2.3 Kondensatoren<br>3. Theorie selbstgeführter Stromrichter<br>3.1 Schaltungen von selbstgeführten Stromrichter<br>3.2 Grundfrequenzsteuerung<br>3.3 Trägerverfahren<br>3.4 Drehzeiger / Raumzeigermodulation<br>4. Gleichstromsteller<br>4.1 Tiefsetzsteller<br>4.2 Hochsetzsteller<br>4.3 Zweiquadrantensteller<br>4.4 Vierquadrantensteller<br>5. Dreiphasiger Pulsumrichter<br>5.1 Eingansseitige Gleichrichter<br>5.2 Pulsumrichter für permanenterregte Synchronmaschinen mit Blockstrom<br>5.3 Motorseitiger Wechselrichter<br>5.4 Verluste für Pulsumrichter mit sinusförmigen Strom<br>6. Unerwünschte Effekte<br>6.1 Niederfrequente Netzharmonische<br>6.2 Ableitströme und Funkstörspannung<br>6.3 Kabel, Reflexion, erhöhte Motorspannungen<br>6.4 Lagerströme |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden konzipieren Gleichstromsteller und Pulsumrichter in Abhängigkeit der Antriebsaufgabe und Leistungsanforderung. Sie überschauen die möglichen Betriebsarten, wählen geeignete Betriebsarten aus und berechnen die notwendigen Kenngrößen der Bauteile und Baugruppen, die sie anhand der Informationen der Datenblätter auswählen.</p> <p><b>Bauelemente im Pulsumrichter:</b> Die Studierenden beschreiben die wesentlichen Eigenschaften und Funktionsweise der Bauelemente eines Pulsumrichters, wie IGBTs, Dioden und Elektrolyt-Kondensatoren. Sie sind in der Lage, relevante Parameter aus Daten und Kennlinien der Datenblätter dieser Bauelemente zu entnehmen, um damit den Leistungskreis zu konzipieren.</p>                                                                                                               |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p><b>Theorie selbstgeführter Stromrichter:</b> Die Studierenden erläutern die grundsätzliche Funktionsweise eines Pulswechselrichters und die verschiedenen Verfahren zur Ansteuerung, wie Grundfrequenzsteuerung, Sinus-Dreieck-Modulation und Raumzeigermodulation. Sie berechnen Pulsmuster für die verschiedenen Verfahren und zeichnen Spannungs- und Stromzeitverläufe für vorgegebene Betriebspunkte. Sie leiten daraus die Belastung der Bauelemente ab und berücksichtigen dies bei der Konzeption des Leistungskreises.</p> <p><b>Gleichstromsteller:</b> Die Studierenden erläutern Aufbau und Funktionsweise von Gleichstromstellern. Sie zeichnen die Spannungs- und Stromzeitverläufe für vorgegebene Betriebspunkte und berechnen deren Parameter. Sie berechnen die Verluste, welche in den Leistungshalbleitern entstehen und konzipieren den Leistungskreis und die Kühlung.</p> <p><b>Dreiphasige Pulsumrichter:</b> Die Studierenden benennen die Vorteile und Einsatzbereiche verschiedener Einspeisestromrichter. Sie berechnen die Belastung der Zwischenkreiskondensatoren und die Verluste in den Leistungshalbleitern und konzipieren den Leistungskreis und die Kühlung.</p> <p><b>Unerwünschte Effekte:</b> Die Studierenden nennen unerwünschte Effekte, welche durch den Einsatz eines Pulswechselrichters am Motor entstehen und beschreiben mögliche Abhilfemaßnahmen, die sie in ihrer Konzeption berücksichtigen.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Leistungselektronische Grundkenntnisse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Felix Jenni, Dieter Wüest: "Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter"</li> <li>Semikron Applikationshandbuch</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96540 | <b>Elektrische Antriebstechnik I</b><br>Electrical drives I                                                                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>*1. Einleitung*</p> <p>Generelle Aspekte<br/>Folgerungen für die Vorlesung Elektrische Antriebstechnik<br/>Blockschaltbild eines Drehstromantriebssystems</p> <p>*2. Grundlagen*</p> <p>2.1 Motor und Lastmaschine<br/>2.2 Übersicht der elektrischen Antriebe</p> <p>*3. Stromrichter für Gleichstromantriebe an Gleichstromquellen*</p> <p>*4. Übersicht Drehstromantriebe*</p> <p>*5. Stromrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis (Drehstrom)*</p> <p>5.1 Variable Zwischenkreisspannung und blockförmige Motorspannung<br/>5.2 Konstante Zwischenkreisspannung und sinusförmiger Motorstrom<br/>5.3 Konstante Zwischenkreisspannung und blockförmiger Motorstrom</p> <p>*6. Netzgeführte Stromrichter*</p> <p>6.1 Netzgeführte Stromrichter für Gleichstromantriebe<br/>6.2 Netzgeführte Stromrichter für Drehstromantriebe<br/>6.2.1 Stromrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis<br/>6.2.2 Direktumrichter</p> <p>*7. Andere Topologien*</p> <p>7.1 Matrixumrichter<br/>7.2 Doppeltgespeiste Asynchronmaschine</p> <p>*8. Digitale Regelung und Steuerung (Hardware)*</p> <p>8.1 Blockschaltbild<br/>8.2 Microcontroller<br/>8.3 PLD, FPGA, ASIC<br/>8.4 Zeitscheiben und Interrupt<br/>8.5 Abtastung</p> <p>*9. Drehzahl- und Positionsgeber*</p> <p>9.1 Analogtacho<br/>9.2 Impulsgeber<br/>9.3 Resolver</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>*Ziel:*</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die Baugruppen antriebstechnischer Systeme von der Mechanik über die Motoren und leistungselektronischer Stellglieder zu benennen und ihren Wirkzusammenhang zu beschreiben. Sie analysieren und berechnen Teilprobleme antriebstechnischer Systeme und erstellen abhängig von vorgegebenen Rahmenbedingungen das Gesamtsystem.</p> <p>*Lernziele:*</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <p><b>*Mechanik:*</b> Die Studierenden erkennen antriebstechnische Systeme und zerlegen sie in Arbeits- und Lastmaschine. Sie analysieren antriebstechnische Probleme und erhalten Parameter anhand derer sie Beschleunigungsvorgänge und Drehmomentbelastung der elektrischen Maschinen überprüfen.</p> <p><b>*Stromrichter für Gleichstromantriebe an Gleichstromquellen:*</b> Die Studierenden analysieren verschiedene Topologien von Gleichstromstellern für Antriebe mit Gleichstrommaschine und leiten die Kennlinien für kontinuierlichen und diskontinuierlichen Betrieb ab. Sie zeichnen Spannungs- und Stromzeitverläufe für vorgegebene Betriebspunkte und berechnen deren Parameter.</p> <p><b>*Stromrichter mit Gleichspannungs-ZK:*</b> Die Studierenden beurteilen den Stellenwert selbstgeführter Stromrichter in Kombination mit Drehfeldmaschinen im Vergleich zu Gleichstromantrieben. Die Studierenden unterscheiden den Einsatzbereich von Raumzeigermodulation, Trägerverfahren, synchronen und optimierten Pulsmustern und konzipieren den geeigneten Modulator in Abhängigkeit der Antriebsaufgabe. Sie berechnen und zeichnen die Pulsmuster für verschiedene Betriebspunkte.</p> <p><b>*Netzgeführte Stromrichter:*</b> Die Studierenden beschreiben Aufbau und Funktionsweise der Diode und des Thyristors. Sie fertigen Schaltbilder verschiedener Stromrichter an und untersuchen und bewerten die Stromoberschwingungen mit denen sie das Versorgungsnetz belasten. Sie zeichnen Spannungs- und Stromzeitverläufe stationärer Betriebspunkte und berechnen deren Parameter. Die Studierenden wenden die gelernte Vorgehensweise beim Konzipieren komplexer Stromrichter (Stromrichtermotor, Direktumrichter) an.</p> <p><b>*Weitere Topologien:*</b> Die Studierenden zeichnen Schaltbilder und erläutern die Funktionsweise von seltenen Topologien selbstgeführter Stromrichter. Die Studierenden beurteilen das Prinzip und die Funktionsweise der untersynchronen Stromrichtererkaskade.</p> <p><b>*Digitale Regelung:*</b> Die Studierenden identifizieren die Baugruppen der Regelung in Abbildungen der gegenständlichen Hardware. Sie erstellen Blockschaltbilder für die Signalwege der digitalen Regelung und wählen hierfür abhängig von der antriebstechnischen Aufgabenstellung die geeigneten Bauteile und Baugruppen (Microcontroller, DSP, programmierbare Logik), deren Eigenschaften und jeweiligen Vorzüge sie gegeneinander abwägen.</p> <p><b>*Drehzahl- und Positionsgeber:*</b> Die Studierenden erstellen Schaltbilder für Signalwege verschiedener Geber abhängig von der Antriebsaufgabe. Sie erklären den Signalweg und berechnen das Signal für einfache Beispiele.</p> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Vorlesung und Übung Leistungselektronik wird sehr empfohlen!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                         |                                                        |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|    |                                         | Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                             |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Skript                                                 |

|   |                                  |                                                                                                 |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96570 | <b>Elektrische Maschinen I</b><br>Electrical machines I                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Elektrische Maschinen I (2 SWS)<br>Vorlesung: Elektrische Maschinen I (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Philipp Sisterhenn<br>Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                  |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p> *Elektrische Maschinen I* </p> <p>*Einleitung*</p> <p>*Gleichstrommotoren:* Aufbau und Wirkungsweise, Spannung, Drehmoment und Leistung, Kommutierung und Wendepole, Ankerrückwirkung und Kompensationswicklung, Permanentterregte Gleichstrommaschine Schaltungen und Betriebsverhalten</p> <p>*Drehstrommotoren:* Allgemeines zu Drehfeldmaschinen, Drehfeldtheorie, Asynchronmaschine mit Schleifring- und Käfigläufer, Elektrisch erregte Synchronmaschine, Permanentterregte Synchronmaschine</p> <p> *Electric machines I* </p> <p>*Introduction*</p> <p>*DC-motors:* Construction and operating principle, Voltage, torque and power, Commutation and commutating poles, Armature reaction and compensation winding, Permanent-field DC-machine, Circuits and operational behaviour</p> <p>*Three-phase motors:* General aspects to three-phase machines, Rotating field theory, Induction machine with slip ring rotor and squirrel cage rotor, Electrical excited synchronous machine, Permanent-field synchronous machine</p> <p>*Ziel*</p> <p>Die Studierenden sind nach der Teilnahme in der Lage, die Theorie der Entstehung von magnetischen Luftspaltfeldern anzuwenden und deren Eigenschaften zu analysieren, das stationäre Betriebsverhalten der Kommutator-Gleichstrommaschine bei verschiedenen Schaltungsvarianten zu analysieren, sowie das stationäre Betriebsverhalten der Asynchronmaschine und der Synchronmaschine zu analysieren und zu bewerten.</p> <p>*Aim:*</p> <p>After the participation the students are able to apply Maxwell's theory on the creation of magnetic air gap fields, to analyze the air gap field's properties, to analyze the stationary operating behaviour of the different brushed DC-machines, and to analyze and evaluate the basic stationary operating behaviour of the induction machine and the synchronous machine.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Gleichstrommaschine, die Asynchronmaschine und die Synchronmaschine zu benennen und deren Betriebseigenschaften darzulegen,</li> <li>• die Maxwell'sche Theorie zur Beschreibung und Voraussage der in elektrischen Maschinen vorkommenden Luftspaltfelder anzuwenden,</li> <li>• die in elektrischen Maschinen vorkommenden Luftspaltfelder und deren harmonischen Anteile zu ermitteln und hinsichtlich ihrer Einflüsse auf das Betriebsverhalten zu klassifizieren,</li> <li>• das stationäre Betriebsverhalten der unterschiedlichen Maschinenkonzepte einzuschätzen, Kriterien für die Auswahl elektrischer Maschinen für eine vorliegende Antriebsaufgabe aufzustellen und sich für den speziellen Einsatzfall für eine Maschinenvariante zu entscheiden.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Skript<br><br>Script accompanying the lecture                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96580 | <b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b>                                                                                                                                             | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|---|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Jeannette Konhäuser<br>Dr.-Ing. Daniel Kübrich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Dieses Modul dient als Einführung in die grundlegende Problematik der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Es werden sowohl die Störemissionen, d.h. die Störaussendung auf Leitungen und als Abstrahlung als auch die Empfindlichkeit von elektronischen Geräten gegenüber den von außen kommenden Störungen betrachtet. Ausgehend von den in den unterschiedlichen Frequenzbereichen maximal zugelassenen Störpegeln werden neben den jeweils anzuwendenden Messverfahren insbesondere die technischen Möglichkeiten im Vordergrund stehen, die zur Reduzierung der Störemissionen bzw. zur Erhöhung der Störfestigkeit von Schaltungen beitragen.</p> <p>Es werden konkrete Fragestellungen der EMV, wie z.B. Störpegel auf Leitungen, Koppelmechanismen, Störpegel von abgestrahlten Feldern usw. berechnet und aus den Ergebnissen Maßnahmen zur Verbesserung der EMV-Situation abgeleitet. Neben den Rechenübungen werden zu den folgenden Themen praktische Messungen vorgenommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Symmetrische und asymmetrische Störströme</li> <li>• Ersatzschaltbilder von Filterkomponenten</li> <li>• Netzfilterdämpfung</li> <li>• Koppelmechanismen</li> <li>• Reduzierung von Feldern durch Schirmung / Spiegelung</li> </ul> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Besonderheiten der EMV-Messtechnik zu verstehen,</li> <li>• die aktuellen Normen zu verstehen und anzuwenden,</li> <li>• die unterschiedlichen Koppelmechanismen zu verstehen und auf die Störprobleme in Schaltungen und Systemen anzuwenden,</li> <li>• die Störsituation bei Schaltungen zu bewerten und Maßnahmen zur Entstörung zu entwickeln.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |

|    |                                         |                                                        |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|    |                                         | Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                             |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                        |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                          |                       |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96630 | <b>Leistungselektronik</b><br>Power electronics                                                                                                                                                          | <b>5 ECTS</b>         |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Leistungselektronik (2 SWS)<br>Vorlesung: Leistungselektronik (2 SWS)<br>Tutorium: Leistungselektronik Tutorium Kurs 2 (0 SWS)<br>Tutorium: Leistungselektronik Tutorium Kurs1 (0 SWS) | -<br>5 ECTS<br>-<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Martin März<br>Raffael Schwanninger<br>Madlen Hoffmann<br>Stefanie Büttner                                                                                                                     |                       |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr. Martin März                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p><b>Grundlagen der Topologieanalyse:</b> Stationaritätsbedingungen, Strom-Spannungsformen, verbotene Schalthandlungen</p> <p><b>Nicht-isolierende Gleichspannungswandler:</b> Grundlegende Schaltungstopologien, Funktionsweise, Dimensionierung</p> <p><b>Isolierende Gleichspannungswandler:</b> Grundlegende Schaltungstopologien, Gleichrichterschaltungen, Transformatoren als Übertrager bzw. Energiespeicher</p> <p><b>Leistungshalbleiter:</b> Grundlagen des statischen und dynamischen Verhaltens von MOSFET, IGBT und Dioden; Spezifika von WBG-Leistungshalbleitern auf Basis von Siliziumcarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN); Kommutierungsarten; Kurzschluss, Avalanche</p> <p><b>Passive Leistungsbaulemente:</b> Induktive Bauelemente (weichmagnetische Kernmaterialien, nichtlineare Eigenschaften, Kernverluste, Wicklungsverluste); Kondensatoren (Technologien und deren Anwendungseigenschaften, sicherer Arbeitsbereich, Brauchbarkeitsdauer, Impedanzverhalten)</p> <p><b>Parasitäre Elemente:</b> Niederinduktive Aufbautechniken</p> <p><b>Treiber- und Ansteuerschaltungen für Leistungshalbleiter:</b> Grundsaltungen zur Ansteuerung MOS-gesteuerter Bauelemente mit und ohne galvanische Isolation, Schaltungen zur Erhöhung von Störabstand und Treiberleistung, Ladungspumpe, Schutzbeschaltungen, PWM-Modulatoren</p> <p><b>Gleichrichter und Leistungsfaktorkorrektur:</b> Phasenanschnittsteuerung, Phasenabschnittsteuerung, Gleichrichterschaltungen, Netzstromverformung, aktive Leistungsfaktorkorrektur</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <b>Pulsumrichter:</b> Übersicht, Blockschaltbild, netzseitige Stromrichter, lastseitiger Pulswechselrichter, Sinus-Dreieck- und Raumzeigermodulation, Dreipunktwechselrichter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p><b>Lernziel</b></p> <p>In der Vorlesung werden die Grundlagen zum Verständnis der Spannungswandlerschaltungen gelegt. Dies betrifft sowohl die Funktionsweise der Schaltungen, die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Schaltungsprinzipien als auch die Besonderheiten der wesentlichen Komponenten wie Halbleiterschalter und passive Bauteile.</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsprinzipien leistungselektronischer Basistopologien mit und ohne galvanische Isolation erklären,</li> <li>• einfache leistungselektronische Wandler analysieren und die für ein Systemdesign relevanten elektrischen und thermischen Parameter berechnen,</li> <li>• die grundlegenden Eigenschaften verschiedener Schaltungslösungen erklären und diskutieren,</li> <li>• die Vor- und Nachteile verschiedener Bauteiltechnologien in einer leistungselektronischen Schaltung bewerten,</li> <li>• einfache leistungselektronische Wandler entwerfen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>schriftliche Klausur (90 min.), keine Hilfsmittel (außer Taschenrechner) erlaubt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>[1] Franz Zach: Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-04898-3</p> <p>[2] Schröder D., Marquardt R.: Leistungselektronische Schaltungen. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-662-55324-4</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

[3] Joachim Specovius: Grundkurs Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-03308-8

[4] Ulrich Schlienz: Schaltnetzteile und ihre Peripherie. Vieweg, ISBN 3-528-03935-3

[5] Albach M.: Induktivitäten in der Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-15080-8

[6] Tursky W., Reimann T., et al.: Applikationshandbuch Leistungshalbleiter. Semikron, ISBN 978-3-938843-56-7

[7] Volke A., Hornkamp M.: IGBT Modules. Infineon, ISBN 978-3-00-040134-3

[8] Kenneth L. Kaiser: Electromagnetic Compatibility Handbook. CRC Press, ISBN 0-8493-2087-9

[9] Hofer K.: Moderne Leistungselektronik und Antriebe. VDE-Verlag, ISBN 3-8007-2067-1

|   |                                  |                                                                                 |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96670 | <b>Schaltnetzteile</b>                                                          | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Schaltnetzteile (2 SWS)<br>Übung: Übungen zu Schaltnetzteile (2 SWS) | 5 ECTS<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Thomas Dürbaum<br>Samuel Faber                                   |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Thomas Dürbaum<br>Dr.-Ing. Daniel Kübrich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | In "Schaltnetzteile" werden die Grundprinzipien der hochfrequent getakteten leistungselektronischen Schaltungen behandelt. Neben den unterschiedlichen Netzteiltopologien werden insbesondere die verschiedenen durch die hochfrequente Betriebsweise entstehenden Probleme behandelt.<br>Außerdem werden Methoden zur Berechnung der grundlegenden Schaltnetzteilmfamilien, zur Ermittlung von Schaltverlusten, zum Design von Entlastungsnetzwerken sowie ein erstes Konzept zur regelungstechnischen Beschreibung von Netzteilen mit PWM- Regelung vermittelt.                                                                                                                |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:<br>- Basistopologien und deren Betriebsarten zu analysieren,<br>- die Funktionsweise PWM-geregelter Topologien zu erarbeiten und die zugehörigen Kennwerte zu bewerten,<br>- die Notwendigkeit von Netztrennung sowie mögliche Maßnahmen zur Erlangung derselben zu verstehen,<br>- grundlegende netztrennende Topologien zu analysieren,<br>- Schaltverluste sowie deren Reduzierung mit Hilfe von Entlastungsnetzwerken zu bewerten,<br>- regelungstechnische Beschreibung PWM-getakteter Konverter im kontinuierlichen Betrieb mittels der Methode des In-Circuit-Averaging zu analysieren. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                             |                                                                                                                                                                      |
|----|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begleitende Arbeitsblätter</li> <li>• Fundamentals of Power Electronics, Erickson W. Robert,<br/>Springer Verlag</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96680 | <b>Thermisches Management in der Leistungselektronik</b><br>Thermal management in power electronics                                                                                   | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Martin März                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des thermischen Managements</li> <li>• Komponenten des thermischen Managements</li> <li>• Anwendungs- und Auslegungsbeispiele</li> <li>• Bauelemente unter Temperaturbelastung</li> <li>• Thermische Meßtechnik</li> <li>• Elektrisch-thermische Modellierung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Für die Leistungselektronik ist das Thema Entwärmung von essentieller Bedeutung, vor allem mit Blick auf Zuverlässigkeit, Lebensdauer oder erzielbare Leistungsdichte. Die Studierenden können die Grundlagen der Entwärmung leistungselektronischer Systeme erklären. Ausgehend von den Gesetzen des Wärmetransports und den Materialeigenschaften werden Entwärmungstechniken auf Bauteil-, Schaltungsträger- und Systemebene behandelt, begleitet durch ausgewählte Anwendungs- und Auslegungsbeispiele. Die Studierenden können die für thermische Berechnungen relevanten Angaben aus Datenblättern interpretieren, lernen thermische Ersatzschaltbilder und Verfahren zu deren Parameterisierung sowie Verfahren zur Simulation transienter thermischer Vorgänge kennen. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (90 Minuten)<br>Klausur von 90 min Dauer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Begleitendes Vorlesungsskript                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|   |                                  |                                                 |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92321 | <b>Electric Drives</b><br>Electric drives       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Electric Drives (2 SWS)              | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn<br>Dr.-Ing. Jens Igney |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn<br>Dr.-Ing. Jens Igney                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p><b>1. Introduction and overview</b></p> <p><b>2. Applications</b></p> <p><b>3. Systems structure</b></p> <p><b>4. Physical foundations of electrical drives and machines</b></p> <p>4.1 Energy conversion</p> <p>4.2 Material properties</p> <p>4.3 Loss mechanisms</p> <p>4.4 Maxwell's equations</p> <p>4.5 Electrical aspects</p> <p>4.6 Magnetic aspects</p> <p>4.7 Mechanical aspects</p> <p>4.8 Thermal aspects</p> <p><b>5. Mechanical components</b></p> <p>5.1 Gearboxes</p> <p>5.2 Clutches</p> <p>5.3 Shafts</p> <p>5.4 Flange</p> <p>5.5 Encoders</p> <p>5.6 Connectors</p> <p>5.7 Rotor core</p> <p>5.8 Stator core</p> <p><b>6. Electrical machines</b></p> <p>6.1 Brushed DC machines</p> <p>6.2 Induction machine</p> <p>6.3 Electrically excited SM</p> <p>6.4 PM synchronous machine</p> <p>6.5 Reluctance machines</p> <p><b>7. Power electronics inverters</b></p> <p>7.1 Power electronics devices</p> <p>7.2 Uncontrolled rectifier</p> <p>7.3 Controlled rectifier</p> <p>7.4 DC-DC-converter</p> <p>7.5 2-Level inverter</p> <p>7.6 3-Level inverter</p> <p>7.7 Modulation technique</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <b>8. Introduction to drive control</b><br>8.1 Foundations of control<br>8.2 Controller design<br>8.3 Brushed DC machine<br>8.4 Cascaded control                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | On successful completion of this module, students will be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• recognise the basics and theoretical foundations of electric drives, the different technical system's components involved and their applications</li> <li>• understand the main operating principles of the different components of a drive system and explain and present them on request</li> <li>• distinguish between the different types of electric machines, power electronic rectifiers and inverters, explain their different characteristics and operating principles and demonstrate how to apply these components</li> <li>• recognise the general ideas and principles in control of electrical drives</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 3 Elektrische Antriebe und Leistungselektronik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Conduct with questions in the answer-choice procedure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

# 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme

|   |                                  |                                                                                                                                                                  |                          |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>43911 | <b>Modellierung und Simulation von Schaltungen und Systemen</b><br>Modelling and simulation of circuits and systems                                              | <b>5 ECTS</b>            |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Modellierung und Simulation von Schaltungen und Systemen Übung (2 SWS)<br><br>Vorlesung: Modellierung und Simulation von Schaltungen und Systemen (2 SWS) | 2,5 ECTS<br><br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich<br>Dr.-Ing. Gerald Gold                                                                                                           |                          |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Motivation<br/>Ohne Simulation ist weder der Entwurf (mikro-)elektronischer Bauteile und Schaltungen denkbar, noch der von technischen Systemen, die solche Schaltungen und zusätzlich z.B. mechanische Komponenten enthalten. In Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik werden zu entwerfende Systeme daher auf verschiedenen Abstraktionsebenen simuliert. Dazu müssen sie geeignet modelliert sein, so daß die Simulation mittels numerischer Algorithmen rasch und genau erfolgen kann.</p> <p>Gliederung<br/>Die Vorlesung umfaßt Modellierungsansätze und Simulationsalgorithmen für elektronische Bauteile, hochfrequenztechnische Anordnungen, analoge elektrische Schaltkreise, digitale und gemischt analog-digitale Schaltungen sowie Systeme gemischter, also nicht rein elektrischer Natur.<br/>In der Übung werden wesentliche Algorithmen mit Matlab implementiert, wobei z.B. ein einfacher Schaltkreissimulator entsteht.</p> <p>1 Einführung<br/>Begriffe und Definitionen, Modellierungsansätze, Modell- und Theoriebildung in der Naturwissenschaft, naturwissenschaftliche Darstellungen als Modelle der Wirklichkeit, Nutzung physikalischer Prinzipien und Theorien zur Behandlung technischer Fragestellungen durch Modellierung und Simulation, Abstraktionsebenen für Modellierung und Simulation in der Mikroelektronik</p> <p>2 Beschreibung räumlich verteilter Systeme am Beispiel elektromagnetischer Felder<br/>Begriffe, mathematische Hilfsmittel: Operationen und Rechenregeln, Entstehung feldtheoretischer Begriffe und Darstellungen, Voraussagen der elektromagnetischen Feldtheorie und deren technische Anwendungen, Modellierung der Wechselwirkung elektromagnetischer Felder mit einfacher Materie, Darstellung im Frequenzbereich, Formulierung mathematischer Probleme in elektromagnetischen Größen zur Behandlung technischer Aufgabenstellungen</p> <p>3 Simulation räumlich verteilter Systeme am Beispiel elektromagnetischer Felder<br/>Diskretisierung, Übersetzung der Operatoren und mathematischen Probleme auf räumliches Gitter, alternative Diskretisierungs- und</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>Darstellungsmethoden, resultierende numerische Aufgabenstellungen, Formulieren von Randbedingungen</p> <p>4 Simulation elektrischer Schaltkreise aus konzentrierten Bauelementen<br/>Übergang auf Netzwerke aus konzentrierten Bauelementen, Signaldarstellung durch Spannungen und Ströme, Knotenanalyse und modifizierte (erweiterte) Knotenanalyse, Zweigströme und Bauteilgleichungen, Problemformulierung als lineares Gleichungssystem, Einbeziehung nichtlinearer Bauelemente und Reaktanzen, Algorithmen zur numerischen Simulation elektrischer Schaltkreise, Schaltkreis-Simulationsprogramme: Schaltungsdarstellung und Analysearten</p> <p>5 Simulation wert- und zeitdiskreter Systeme<br/>Übergang auf Signaldarstellung durch diskrete Werte, Abstraktionsebenen: Gatter-, Register-Transfer- und Algorithmenebene, Simulationsprogramme: Kategorien und Anforderungen, Klassifikation von Simulatoren hinsichtlich der Zeitverwaltung, Abstraktionsgrade bei der Modellierung des Zeitverhaltens von Komponenten, prinzipieller Simulationsalgorithmus</p> <p>6 Hardware-Beschreibungssprachen für zeitdiskrete Systeme<br/>Begriff, Notwendigkeit, Entstehungsgeschichte und Anwendungsspektrum, aktuelle Hardware-Beschreibungssprachen, enthaltene Konzepte für Modellierung und Simulation am Beispiel VHDL: Strukturmodellierung, nebenläufige und sequentielle Verhaltensmodellierung, unterstützte Zeitverhaltensmodelle, Beispiele</p> <p>7 Hardware-Beschreibung gemischt analog-digitaler Systeme und verschiedener analoger Naturen<br/>Konzept der Modellierung konservativer und mathematisch ähnlicher Systeme verschiedener analoger Naturen (elektrisch, mechanisch, hydraulisch, ...), Fluß- und Potentialgrößen, Simulationstechnik für gemischt analog-digitale Systeme, Entstehungsgeschichte entsprechender Simulatoren und Hardware-Beschreibungssprachen, unterstützte Abstraktionsebenen und Konzepte am Beispiel VHDL-AMS, Schnittstellenbeschreibung analoger Modelle, konservative und Signalflußmodellierung, Attribute und implizite Größen, Modellbeschreibung durch algebraische bzw. gewöhnlicher DGL, Modellbeispiele: FET, Inverter, A/D-Umsetzer, Gleichstrommotor</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden arbeiten an den folgenden Fachkompetenzen:</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physikalische Prinzipien zur Behandlung technischer Fragestellungen durch Modellierung und Simulation nennen</li> <li>• alternative Diskretisierungs- und Darstellungsmethoden zur simulativen Behandlung feldtheoretischer Probleme darstellen</li> <li>• Anforderungen an Simulationsprogramme für wert- und zeitdiskrete Systeme angeben</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzlistendarstellung elektrischer Schaltungen kennen und interpretieren, die wesentlichen Algorithmen der elektrischen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Schaltkreissimulation verstehen und Analysearten der Schaltkreissimulation erläutern

- wesentliche Konzepte von Hardware-Beschreibungssprachen für zeitdiskrete Systeme erläutern
- Konzept der Modellierung konservativer und mathematisch ähnlicher Systeme verschiedener analoger Naturen verstehen und beschreiben

#### Anwenden

- bei raumverteilten Systemen Differentialoperationen in diskretisierte Darstellung übersetzen, Gleichungssystem bzw. Eigenwertproblem formulieren und in Datenstrukturen (Systemmatrix) übertragen
- auf elektrische Schaltkreise bzw. Netzwerke aus konzentrierten Elementen die modifizierte Knotenanalyse anwenden, Gleichungssystem aufstellen sowie in Datenstrukturen (Systemmatrix, Absolutvektor) übertragen

#### Analysieren

- die für technische Fragestellungen gebräuchlichen Modellierungsansätze unterscheiden
- die verschiedenen Abstraktionsebenen für Modellierung und Simulation in der Mikroelektronik untereinander abgrenzen hinsichtlich Anwendungsbereich, zugrundeliegender Annahmen, beschriebener Objekte, mathematischer Systembeschreibung und relevanter Darstellungsgrößen
- Simulationsprogramme hinsichtlich der Zeitverwaltung klassifizieren
- Abstraktionsgrade bei der Modellierung des Zeitverhaltens von Komponenten zeitdiskreter Systeme unterscheiden
- bei Hardware-Beschreibungssprachen zwischen Strukturmodellierung, nebenläufiger und sequentieller Verhaltensmodellierung unterscheiden

#### Evaluierten (Beurteilen)

- elektrotechnische Fragestellungen in Bezug auf Modellierung und Simulation hinsichtlich der Abstraktionsebene einstufen
- Simulationswerkzeuge hinsichtlich der Eignung für eine gegebene Aufgabenstellung bewerten
- für eine gegebene Aufgabenstellung die geeignete Modellierung und Simulationsunterstützung wählen

#### Erschaffen

- einfaches Simulationsprogramm für potentialtheoretische Probleme erstellen
- elementaren Schaltkreissimulator entwickeln

#### Lern- bzw. Methodenkompetenz

##### Lernziele hinsichtlich Lern- und Arbeitsmethoden:

- Programmiersprache, Datenstrukturkonzepte und wesentliche Operationen des Numerik-Werkzeugs Matlab exemplarisch für ähnliche Produkte erlernen
- in der Lage sein, sich das Arbeiten mit ähnlichen Werkzeugen und Programmiersprachen selbständig zu erschließen

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Simulationsalgorithmen mit speziell dafür geeigneten Werkzeugen wie Matlab, Scilab oder Octave umsetzen</li> <li>• Simulationswerkzeuge in der Ingenieur Tätigkeit souverän und mit Überlegung einsetzen</li> </ul> <p>Selbstkompetenz</p> <p>Lernziele hinsichtlich persönlicher Weiterentwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• naturwissenschaftliche Aussagen und Beziehungen als Modelle verstehen</li> <li>• Möglichkeiten und Grenzen kommerzieller Simulationswerkzeuge auf verschiedenen Abstraktionsebenen beurteilen und sich deren effiziente Nutzung selbst aneignen</li> <li>• Modelle hinsichtlich Plausibilität, Falsifizierbarkeit und Gültigkeitsgrenzen hinterfragen sowie auf Simulationsergebnissen beruhenden Aussagen kritisch begegnen</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <p>Lernziele hinsichtlich des Umgangs mit Menschen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme gemeinsam in Kleingruppen entwickeln</li> <li>• dabei auf Vorkenntnisse anderer zugreifen und aufbauen</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich<br>Prüfungsform: mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>44000 | <b>Test integrierter Schaltungen</b>                                                                                                                                                  | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Motivation<br/>Damit unsere elektronischen Geräten überhaupt funktionieren, muß jede einzelne mikroelektronische Schaltung darin nach ihrer Fertigung geprüft werden. Wegen der Komplexität heutiger integrierter Schaltungen (ICs) machen diese Tests bis zur Hälfte der Fertigungskosten aus! - Ein guter Grund, sich mit dem Thema Test auseinanderzusetzen, wenn man sich mit Mikroelektronik befaßt.</p> <p>Gliederung<br/>Die Vorlesung umfaßt Inhalte zu Bedeutung, Theorie, Methodik, Gerätetechnik und Praxis des Tests in der Halbleiterfertigung.</p> <p>1 Test in der Halbleiterfertigung<br/>Herstellungsphasen integrierter Schaltungen, wirtschaftliche Bedeutung des Tests, Testsysteme, Zuführungs- und Sortierautomaten, Prüfadapter für montierte ICs und Wafer, Kontakttechnologien für Wafertest, Modulare Testsysteme</p> <p>2 Messen und Testen<br/>Begriffe und Definitionen, Meßunsicherheit und Irrtumsrisiko, Schätzung von statistischen Parametern: Mittelwert, Streuwert, Konfidenzintervalle, Rechnen mit statistischen Schätzwerten, Entscheidungsfindung bei Irrtumsrisiken, Hypothesentest der mathematischen Statistik als theoretische Grundlage des Fertigungstests, Schließen aus statistischen Aussagen</p> <p>3 Fehler und Tests<br/>Definition, Klassifizierung hinsichtlich Entstehung und Auswirkung, Test im Herstellungsprozess und während des Produktlebens, Randbedingungen verschiedener Testaufgaben</p> <p>4 Testkosten und Prüfstrategie<br/>Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Zehner-Regel, Testkosten und Testgüte, Testkomplexität, Maßzahlen: Fehlerwahrscheinlichkeit, Ausbeuten, Fehlerüberdeckung, Testschlupf und Ausbeuteverlust</p> <p>5 Testkategorien und Testerzeugung<br/>Notwendigkeit des Produktionstests, Defekte und Fehler, Zuverlässigkeitstest, Simulation und Test, Testentwurf, Bestandteile von Fertigungstests, Funktionstest und Strukturtest, Fehlermodelle, Testmustererzeugung durch Fehlersimulation und synthetische Verfahren, Fehlerklassen und Fehlerkatalog, redundante Fehler, D-Kalkül</p> <p>6 Testsysteme</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>Entstehungsgeschichte, Funktionsprinzip, Einteilung nach Einsatzbereich und Prüflingskategorie, Leistungsmerkmale und Aufbau, Pinelektronik</p> <p>7 Prüfprogramm und Testsignalbeschreibung</p> <p>Zyklisierung und Prüftakt, Prüfmuster, Zeitmarken, Testsystemarchitekturen, Signalformate</p> <p>8 Test gemischt analog-digitaler Schaltungen (Mixed-Signal Test)</p> <p>Instrumentierung, digitale Signalverarbeitung, Kohärentes Testen, Parameter gemischt analog-digitaler Schaltungen, spektrale und Histogrammtests, Testabläufe</p> <p>9 Test weiterer Schaltungsklassen</p> <p>Speichertest: Fehlermodell, Prüfverfahren, algorithmische Mustergenerierung und Redundanzanalyse, Test von Hochfrequenzschaltungen: Instrumentierung und Besonderheiten, synthetische Instrumente, System-on-Chip- / System-In-Package-Test</p> <p>10 Testfreundlicher Entwurf (Design for Testability)</p> <p>Begriff, Kosten, Standardisierung, Systematik der Verfahren, Ad-hoc-Methoden, Stimulusgenerierung und Signaturanalyse, Prüfpfadverfahren, Selbsttest</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <p>die wesentlichen Geräte und Komponenten für den Produktionstest integrierter Schaltungen nennen und erläutern</p> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfergebnisse als wahrscheinlichkeitsbehaftete Aussagen verstehen</li> <li>• technische und wirtschaftliche Erfordernisse beim Halbleitertest erläutern und entsprechende Abwägungen darstellen</li> <li>• technisch-wirtschaftliche Kenngrößen definieren und deren Zusammenhänge darstellen</li> <li>• Fehlermodelle beschreiben und deren Bedeutung für die Testsynthese darstellen</li> <li>• Verfahren zur automatischen Testmustererzeugung unterscheiden und beschreiben</li> <li>• Funktionsprinzip von Testsystemen und deren Komponenten erläutern</li> <li>• Komponenten der Testsignalbeschreibung zusammenstellen</li> <li>• Methoden des prüffreundlichen Entwurfs darstellen</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgänge "Messen" und "Prüfen" voneinander abgrenzen und den Zusammenhang zwischen Meßunsicherheit und Irrtumsrisiko erklären</li> <li>• Mittelwerte und Streuwerte aus Meßdaten schätzen und für diese Konfidenzintervalle zu gegebener Irrtumswahrscheinlichkeit angeben</li> <li>• die Unsicherheit von aus meßunsicherkeitsbehafteten Anfangsgrößen berechneten Ergebnissen berechnen</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• sich der Denkfallen beim Schließen aus statistischen Aussagen bewußt sein</li> <li>• Prüfsignale anhand der Kriterien für kohärentes Testen definieren</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehler in technischen Produkten hinsichtlich Entstehung und Auswirkung klassifizieren</li> <li>• Testvorgänge an integrierten Schaltungen klassifizieren und zugehörige Randbedingungen nennen</li> <li>• Begriffe Defekt" (defect), Fehler" (fault), Irrtum" (error), Ausfall" (failure) am Beispiel Halbleitertest voneinander abgrenzen</li> <li>• Abläufe bei Halbleitertests hinsichtlich verschiedener Kriterien (hierarchisch) strukturieren und unterscheiden</li> <li>• Testsysteme und deren Architekturen hinsichtlich verschiedener Kriterien klassifizieren</li> </ul> <p>Evaluiieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• technische und wirtschaftliche Bedeutung des Tests im Vergleich zu weiteren Bereichen der Halbleiterindustrie zutreffend einschätzen</li> <li>• Prüfkriterien anhand angestrebter Qualitätsanforderungen (Testschlupf) aufstellen</li> <li>• Testschwellen im Hinblick auf Minimierung einer Irrtumswahrscheinlichkeit wählen</li> </ul> <p>Erschaffen<br/>(keine)<br/>Lern- bzw. Methodenkompetenz<br/>Lernziele hinsichtlich Lern- und Arbeitsmethoden:<br/>Hypothesen statistisch prüfen, wahrscheinlichkeitsbehaftete Aussagen interpretieren<br/>Selbstkompetenz<br/>Lernziele hinsichtlich persönlicher Weiterentwicklung:<br/>Schlüsse aus statistischen Aussagen und Ergebnissen hinterfragen diesen kritisch begegnen<br/>Sozialkompetenz<br/>Lernziele hinsichtlich des Umgangs mit Menschen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungsaufgabenstellungen gemeinsam in Kleingruppen lösen</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | mündlich (100%)                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                             |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92513 | <b>Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (HLT I)</b><br>Semiconductor technology I - Integrated circuit technology (HLT I)                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (3 SWS)<br>Übung: Übung zu Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (1 SWS) | 5 ECTS<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Jannik Schwarberg<br>Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                            |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>In diesem Modul werden die wesentlichen Technologieschritte zur Herstellung elektronischer Halbleiterbauelemente und integrierter Schaltungen behandelt.</p> <p>Ausgehend von der Frage nach den relevanten Parametern chemischer und physikalischer Herstellungsprozesse werden zu Beginn die Verfahren und Methoden zur Herstellung von einkristallinen Siliziumkristallen besprochen. Anschließend werden die physikalischen und chemischen Grundlagen der Oxidation, der Dotierverfahren Diffusion und Ionenimplantation sowie der physikalischen und chemischen Gasphasenabscheidung von dünnen Schichten behandelt. Eine Einführung in die relevanten Lithographie- und Strukturierungsverfahren beendet den Kanon der wesentlichen Technologieschritte zur Herstellung elektronischer Halbleiterbauelemente. Ergänzend dazu werden Sequenzen von Prozessabläufen, wie sie heute bei der Herstellung von hochintegrierten Schaltungen wie Mikroprozessoren oder Speichern verwendet werden, besprochen.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Technologieschritte und notwendigen Prozessgeräte</li> <li>• erklären die physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Herstellung von Integrierten Schaltungen</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln en Einfluss von Prozessparametern und können Vorhersagen für Einzelprozesse ableiten</li> <li>• sind in der Lage, verschiedene Herstellungsschritte hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bzgl. der hergestellten Schichten, Strukturen oder Bauelemente zu beurteilen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)<br>Kenntnisse aus dem Bereich Halbleiterbauelemente<br>(Pflichtveranstaltung im Bachelorstudiengang EEI und Mechatronik)                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• S. M. Sze: VLSI - Technology, MacGraw-Hill, 1988</li> <li>• C. Y. Chang, S. M. Sze: ULSI - Technology, MacGraw-Hill, 1996</li> <li>• D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer Verlag, 2000</li> <li>• Hong Xiao: Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, Prentice Hall, 2001</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92521 | <b>Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (HL I)</b><br>Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I)                                                                          | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung eines p-n-Übergangs im thermodynamischen Gleichgewicht (Raumladungszonen, Poisson-Gleichung, Depletion-Näherung und Built-in-Spannung),</li> <li>• Beschreibung eines p-n-Übergangs im Nicht-Gleichgewicht (I-U-Charakteristik des idealen p-n-Übergangs, Rekombinationsmechanismen in p-n-Übergängen, I-U-Charakteristik des realen p-n-Übergangs, Durchbruchmechanismen in p-n-Übergängen),</li> <li>• Dioden-Spezialformen: Schottky-Diode und Ohmscher Kontakt, Z-Dioden (Zener-Diode und Avalanche-Diode), IMPATT-Diode (Impact-Ionization-Avalanche-Transit-Time-Diode), Gunn-Diode, Uni-Tunneldiode, Esaki-Tunneldiode, Shockley-Diode, DIAC (Diode for Alternating Current),</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise von Bipolar- und Heterobipolartransistoren: Ideales und reales Verhalten und Hochfrequenzbetrieb,</li> <li>• Thyristor und lichtgezündeter Thyristor, TRIAC (Triode for Alternating Current).</li> </ul> <p>Als Ausblick wird zum Schluss der Vorlesung auf Leistungsbipolartransistoren mit isoliertem Gate wie dem Gate-Turn-Off-Thyristor (GTO-Thyristor) und dem Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) und auf BiCMOS-Schaltungen eingegangen.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden besitzen die Kenntnis und das Verständnis der mathematisch-physikalischen Grundlagen der Bauelement-Modellierung, kennen die ideale und die reale Funktionsweise und den Aufbau diverser Halbleiterdioden und haben ein umfassendes Verständnis vom Aufbau und vom idealen/ realen Verhalten eines Bipolar- und eines Heterobipolartransistors. Darüber hinaus kennen sie die prinzipielle Funktionsweise von Thyristoren und haben erste Grundkenntnisse von der Funktionsweise von Leistungsbipolartransistoren mit isoliertem Gate und von BiCMOS-Schaltungen (BiCMOS: Schaltungstechnik, bei der Bipolar- und Feldeffekttransistoren miteinander kombiniert werden). Außerdem kennen sie die prinzipiellen Herstellungsprozessabläufe moderner Bipolar- und BiCMOS-Prozesse.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Kenntnisse aus den Vorlesungen Halbleiterbauelemente und HLT I - Technologie Integrierter Schaltungen von Vorteil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaumburg: Halbleiter, Teubner Verlag, 1991</li> <li>• Löcherer: Halbleiterbauelemente, Teubner Verlag, 1992</li> <li>• Thuselt: Physik der Halbleiterbauelemente, Springer Verlag, 2005</li> <li>• Sze: Physics of Semiconductor Devices, John Wiley &amp; Sons, 1981</li> <li>• Roulsten: An Introduction to the Phys. of Sem. Devices, Oxford Univ. Press, 1999</li> <li>• Chang: ULSI Devices, John Wiley &amp; Sons, 2000</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92525 | <b>Halbleitertechnik V - Halbleiter- und Bauelementemesstechnik (HL V)</b><br>Semiconductor technology V - Semiconductor and component measurement technology (HL V)                  | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Im Modul Halbleiter- und Bauelementemesstechnik werden die wichtigsten Messverfahren, die zur Charakterisierung von Halbleitern und von Halbleiterbauelementen benötigt werden, behandelt. Zunächst wird die Messtechnik zur Charakterisierung von Widerständen, Dioden, Bipolartransistoren, MOS-Kondensatoren und MOS-Transistoren behandelt. Dabei werden die physikalischen Grundlagen der jeweiligen Bauelemente kurz wiederholt. Im Bereich Halbleitermesstechnik bildet die Messung von Dotierungs- und Fremdatomkonzentrationen sowie die Messung geometrischer Dimensionen (Schichtdicken, Linienbreiten) den Schwerpunkt. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Fachkompetenz<br>Anwenden<br>erklären physikalische und elektrische Halbleiter- und Bauelementemess- und Analysemethoden<br>vergleichen die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen der verschiedenen Verfahren<br>Analysieren<br>analysieren, welches Verfahren für welche Fragestellung geeignete ist<br>Evaluieren (Beurteilen)<br>bewerten die mit den unterschiedlichen Verfahren erzielten Messergebnisse                                                                                                                                                                                                                        |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basiswissen zur Physik (Abitur) notwendig</li> <li>• Grundkenntnisse zu Halbleiterbauelementen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript</li> <li>• Dieter K. Schroder: Semiconductor Material and Devices Characterization, Wiley-IEEE, 2006</li> <li>• W.R. Runyan, T.J. Shaffner: Semiconductor Measurements and Instrumentations, McGraw-Hill, 1998</li> <li>• A.C. Diebold: Handbook of Silicon Semiconductor Metrology, CRC, 2001</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96010 | <b>Architekturen der digitalen Signalverarbeitung</b><br>Architectures for digital signal processing                                                                                  | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basis-Algorithmen der Signalverarbeitung (FFT, Fensterung, Digitale FIR- und IIR-Filter)</li> <li>• Nichtideale Effekte bei Digitalfiltern (Quantisierung der Filterkoeffizienten, Quantisierte Arithmetik)</li> <li>• CORDIC-Architekturen</li> <li>• Architekturen für Multiraten-systeme (Abtastratenumsetzer)</li> <li>• Architekturen digitaler Signalgeneratoren</li> <li>• Maßnahmen zur Leistungssteigerung (Pipelining)</li> <li>• Architekturen digitaler Signalprozessoren</li> <li>• Anwendungen</li> </ul> <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic algorithms of signal processing (FFT, windowing, digital FIR and IIR-filters)</li> <li>• Non-idealities of digital filters (quantization of filter coefficients, fixed-point arithmetic)</li> <li>• CORDIC-architectures</li> <li>• Architectures of systems with multiple sampling rates (conversion between different sampling rates)</li> <li>• Digital signal generation</li> <li>• Measures of performance improvement (pipelining)</li> <li>• Architecture of digital signal processors</li> <li>• Applications</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden erlangen Grundlagenkenntnisse der Signaltheorie und können zeit- und wertkontinuierliche sowie zeit- und wertdiskrete Signale im Zeit- und Frequenzbereich definieren und erklären</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, ein klassisches Echtzeitsystem zur digitalen Signalverarbeitung konzeptionieren und die Einzelkomponenten nach den Anforderungen zu dimensionieren</p> <p>Die Studierenden erlangen einen Überblick über Vor- und Nachteile analoger sowie digitaler Signalverarbeitung</p> <p>Die Studierenden verstehen die Theorie der Fourier-Transformation und sind in der Lage, die Vorteile der Fast-Fourier-Transformation in der digitalen Signalverarbeitung zu verstehen und anzuwenden</p> <p>Die Studierenden können digitale Filter dimensionieren und beurteilen</p> <p>===Englisch===<br/>Students</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• can obtain fundamentals of signal theory and can define as well time-continuous and value-continuous as time-discrete and value-discrete signals in time and frequency domain</li> <li>• can construct a realtime digital signal processing system and dimension its components according requirements</li> <li>• can review pros and cons of analogue versus digital signal processing</li> <li>• can apply fourier transformation and illustrate the advantages of fast fourier transformation in the context of digital signal processing</li> <li>• can dimension digital filters and evaluate their performance</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | elektronische Prüfung (60 Minuten)<br>Klausur (E-Exam 60 Min.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | elektronische Prüfung (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96090 | <b>Digitale elektronische Systeme</b><br>Digital electronic systems                                                                                                                   | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog-Digital-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen</li> <li>• Digital-Analog-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen</li> <li>• Programmierbare Logikschaltungen (PLD, FPGA): Grundlegende Konzepte, Kategorien, Hardwarearchitekturen</li> <li>• Digitale-Filter: Theorie, Eigenschaften, Entwicklung und Implementierung und IIR und FIR Filtern</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen die Hardwarearchitekturen und Funktionsweisen von Komponenten digitaler Elektronischer Systeme wie Digital-Analog-Umsetzer, Analog-Digital Umsetzer, PLDs und FPGAs und können diese erläutern</li> <li>• Die Studierenden Verstehen die Qualitätsmerkmale von Digitalen Elektronischen Komponenten, können diese auf konkrete Komponenten anwenden und somit die Qualität von digitalen Elektronischen Komponenten anhand der in Datenblättern typischer weise gegebenen Qualitätsmerkmale evaluieren</li> <li>• Die Studierenden können die Einflüsse von nichtidealen Bauelementen auf digitale elektronische Systeme analysieren</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Funktion, die Eigenschaften, die Entwicklungsmethodik sowie die Implementierung von digitalen Filtern und könne diese erläutern</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | Unregelmäßig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                         |            |
|----|-----------------------------------------|------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |            |

|   |                                  |                                                                                                                                         |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96260 | <b>Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen</b>                                                                                      | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (2 SWS)<br>Übung: Übungen zu Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (2 SWS) | 5 ECTS<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Heinrich Milosiu<br>Albert-Marcel Schrotz                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Heinrich Milosiu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transceiver-Architekturen</li> <li>• Hochfrequenzaspekte</li> <li>• Transistoren und Technologien</li> <li>• Passive Bauelemente und Netzwerke</li> <li>• Rauscharme Vorverstärker</li> <li>• Mischer</li> <li>• Oszillatoren</li> <li>• Phasenregelschleifen und Synthesizer</li> <li>• Messtechnische Grundlagen</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den Aufbau sowie Vor- und Nachteile von Transceiver-Architekturen zu verstehen</li> <li>• Hochfrequenzaspekte von Transistoren und Schaltungen zu analysieren</li> <li>• Geeignete Integrationstechnologien auszuwählen</li> <li>• Passive Bauelemente und Netzwerke zu verstehen und anzuwenden</li> <li>• Schaltungstopologien rauscharmer Vorverstärker, Mischer, Oszillatoren anzuwenden und zu analysieren</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                         |         |
|----|-----------------------------------------|---------|
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96410 | <b>Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik</b><br>Circuits and Systems of Transmission Techniques                                                                             | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Im Rahmen dieses Modules werden die Grundlagen und technische Ausführung Übertragungstechniken vermittelt. Fokus liegt dabei auf dem Automotivebereich. Elektrofahrzeuge werden nicht nur die heute bereits in der Oberklasse verfügbaren Fahrassistenzsysteme nutzen sondern weitere E-Mobility spezifische Anwendung insbesondere zur Energie- und Reichweitoptimierung. Drahtlose Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeeinrichtungen, zwischen Fahrzeugen untereinander, genaue Ortung und Streckenprognose sowie autonomes energiesparendes Fahren mit Radar-Abstandsreglung spielen hier eine wichtige Rolle. In diesem Modul werden diese modernen Entwicklungen adressiert und die dafür notwendigen Grundlagen erarbeitet.</p> <p>Grundlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkkanaleigenschaften</li> <li>• Modellierung</li> <li>• Modulation, Codierung, Vielfachzugriff</li> </ul> <p>Fahrzeugkommunikationssysteme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertragungssysteme für die Fahrassistenz</li> <li>• Car-to-Car und Car-to-X-Kommunikation</li> <li>• Breitbandige In-Car-Datenübertragung</li> </ul> <p>Fahrzeugsensorik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrzeugortung (lokal und global)</li> <li>• Automobilradar und Umfeldüberwachung</li> <li>• Sensorische Erfassung von Bioparametern im Fahrzeug</li> </ul> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul in der Lage:</p> <p>Funkkanaleigenschaften und Modelle für spezifische Anwendungs- und Betriebsszenarien anzuwenden</p> <p>Modulationstechniken zu erläutern und zu analysieren</p> <p>Moderne Codierungs- und Vielfachzugriffstechniken zu erläutern</p> <p>Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugkommunikationssystemen zu erläutern und zu analysieren</p> <p>Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugsensoriksystemen zu erläutern und zu analysieren</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | schriftlich oder mündlich <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sommersemester: schriftliche Klausur (90 min);</li> <li>• Wintersemester: mündliche Prüfung (30 min).</li> </ul> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                                                     |

|   |                                  |                                                                                                             |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96500 | <b>Analoge elektronische Systeme</b><br>Analogue electronic systems                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Analoge elektronische Systeme (3 SWS)<br>Übung: Übungen zu Analoge elektronische Systeme (1 SWS) | 5 ECTS<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel<br>Ouadie Touijer<br>Christof Pfannenmüller                                    |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldeffekttransistor</li> <li>• Verstärker, Leistungsverstärker</li> <li>• Nichtlinearität und Verzerrung</li> <li>• Filtertheorie</li> <li>• Realisierung von Filtern</li> <li>• Intrinsisches Rauschen (Konzepte)</li> <li>• Physikalische Rauschursachen</li> <li>• Rauschparameter</li> <li>• Mischer</li> <li>• Oszillatoren</li> <li>• Phasenregelschleifen (PLLs)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Analogschaltungen zu erklären</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren</li> <li>• Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne</li> <li>• Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen</li> <li>• Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten</li> <li>• Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage komplexe Analogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren</li> <li>• Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang</li> <li>• Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|    |                                          |                                                                                                                                                     |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                     |

|   |                                  |                                                                                                                         |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96590 | <b>Entwurf integrierter Schaltungen I</b><br>Design of integrated circuits I                                            | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Entwurf Integrierter Schaltungen I (2 SWS)<br>Übung: Übungen zu Entwurf Integrierter Schaltungen I | 5 ECTS<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler<br>Tobias Rumpel<br>Florian Deeg<br>Xingzhou Chen<br>Feim Ridvan Rasim                 |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Peter Meisel<br>Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Es wird in die Grundlagen des integrierten digitalen Schaltungsentwurfes auf Basis von CMOS eingeführt. Ausgehend vom MOS Transistor wird die Complementäre Logik erklärt und auf gängige statische und dynamische Schaltelemente und ihre Erweiterungen auf hochintegrierte Schaltungen bis 0.13µm eingegangen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitaler IC Entwurf für Deep Submicron</li> <li>• MOS Transistor</li> <li>• Herstellung, Layout und Simulation</li> <li>• MOS Inverterschaltung</li> <li>• Statische CMOS Gatter-Schaltungen</li> <li>• Entwurf von Logik mit hoher Schaltrate</li> <li>• Transfer-Gatter und dynamische Logik</li> <li>• Entwurf von Speichern</li> <li>• Zusätzliche Themen des Speicherentwurfs</li> </ul> <p>Content</p> <p>It introduces students to the basics of digital integrated circuit design in CMOS. Starting from the MOS transistor, complementary logic is explained. Common static and dynamic switching elements are discussed as well as their extensions to large scale integrated circuits (0.18µm-0.13µm).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deep Submicron Digital IC Design</li> <li>• MOS Transistor</li> <li>• Fabrication, Layout and Simulation</li> <li>• MOS Inverter Circuits</li> <li>• Static CMOS Gate-Circuits</li> <li>• Design of Logic with High Switching Rate</li> <li>• Transfer-Gates and Dynamic Logic</li> <li>• Design of Memory</li> <li>• Additional Topics of Memory Design</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden gewinnen einen Überblick über existierende Integrationstechnologien und Entwurfsmethodiken für Integrierte Schaltungen in 0,18µm und 0,13µm CMOS. Dabei verstehen die Studierenden auch die Zusammenhänge</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>zwischen technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten der Halbleiterfertigung.</p> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden analysiert das Verhalten von MOS/CMOS-Transistoren. Daneben können sie verschiedene statische und dynamische digitale Schaltungsstrukturen auf Transistorebene bewerten.</li> </ul> <p>Learning objectives and competencies:</p> <p>Understand</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gain an overview of existing integration technologies and integrated circuit design techniques in CMOS (0.18µm-0.13µm), understanding technical and economic aspects of semiconductor manufacturing.</li> </ul> <p>Evaluate (Assess)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyze the behavior of MOS / CMOS transistors and evaluate various static and dynamic digital circuit structures at transistor level.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Literatur: D. A. Hodges, H. G. Jackson, R. A. Saleh, Analysis and Design of Digital Integrated Circuits, McGraw-Hill, 3rd Ed 2004                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96600 | <b>Entwurf Integrierter Schaltungen II</b><br>Design of integrated circuits II                                                                                                        | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Peter Meisel<br>Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Die Vorlesung behandelt formalisierte Methoden für den Entwurf kombinatorischer Schaltungen. Schwerpunkt liegt auf einer grundlagenorientierten Darstellung der verwendeten Definitionen und Algorithmen, damit eine Übertragung auf und Anwendung in andere Wissensgebiete erleichtert wird.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Zielstellung beim Entwurf binärer Systeme</li> <li>• Beschreibungen kombinatorischer Systeme</li> <li>• Darstellung Boolescher Funktionen</li> <li>• Normalformen</li> <li>• Automatenbasierte Komposition</li> <li>• Überdeckungstabelle</li> <li>• Dynamische Operationen</li> <li>• Ableitung nach der Zeit</li> <li>• Schaltungstechnische Realisierung kombinatorischer Systeme</li> <li>• Dynamisches Verhalten von kombinatorischen Schaltungen</li> <li>• Strukturierte Datenanalyse</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden Kenntnisse über den automatisierten Entwurf digitaler Schaltungen und Systeme an und lernen verschiedene Verfahren zum automatisierten Entwurf von Schaltnetzen und Schaltwerken kennen.</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie Studierenden sind in der Lage den Entwurfsfluss von der Spezifikation bis zum Test von digitalen Schaltungen zu entwickeln.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Digitaltechnik oder Technische Informatik I, o.ä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                         |                                                                           |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Zander, Logischer Entwurf binärer Systeme VEB Verlag Technik, Berlin 1989 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96740 | <b>Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer</b>                                                                                                                                    | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr. Jürgen Röber                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ADU, DAU Kenngrößen und Spezifikation</li> <li>• Überblick über unterschiedliche Umsetzerarchitekturen</li> <li>• SAR-Umsetzer Design</li> <li>• Abtast-Halte Glieder</li> <li>• Komparatoren</li> <li>• Rauscheffekte in Umsetzern</li> <li>• Delta-Sigma-ADU</li> <li>• Current Steering DAC</li> <li>• String DAC</li> <li>• R-2R DAC</li> <li>• Delta-Sigma DAC</li> <li>• Integration von ADUs in ein Gesamtsystem</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die wichtige Kenngrößen für Analog-Digital Umsetzer (ADU) und können die Genauigkeit von ADUs interpretieren.</li> <li>• Die verbreiteten ADU Architekturen und deren Vor- und Nachteile.</li> <li>• Die Komponenten eines SAR ADUs und wichtige Details für den integrierten Schaltungsentwurf von SAR ADUs</li> <li>• Verschiedene integrierte Schaltungstechniken im Entwurf von Delta-Sigma ADUs</li> <li>• Die richtige Verschaltung von ADUs in einer Applikation. Eine falsche Verschaltung führt schnell zu schlechter Genauigkeit.</li> <li>• Die verbreiteten DAU Architekturen, deren Vor- und Nachteile und deren Schaltungsprinzip.</li> <li>• Die grundlegenden Funktionen von Cadence und haben einen Einblick in den integrierten Entwurf von ADUs.</li> </ul> |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | schriftlich oder mündlich (100%)        |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                                                                     |                    |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92522 | <b>Halbleitertechnik II - CMOS-Technik (HL II)</b><br>Semiconductor technology II - CMOS technology (HL II)         | <b>5 ECTS</b>      |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Halbleitertechnik II CMOS-Technik (2 SWS)<br>Übung: Übung zu Halbleitertechnik II - CMOS-Technik (2 SWS) | 5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Tobias Dirnecker<br>Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                            |                    |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionierung eines Langkanal-MOSFETs</li> <li>• Ideales und reales Verhalten eines Langkanal-MOSFETs</li> <li>• Mooresches Gesetz und ITRS Roadmap</li> <li>• Skalierung eines MOSFETs und Kurzkanaleffekte: Vom Langkanal- zum Kurzkanal-MOSFET</li> <li>• Strategien zur Minimierung von Kurzkanal-Effekten; Moderne CMOS-Prozesse</li> </ul>                                                                                                                                                                                                           |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden besitzen die Kenntnis und das Verständnis des Aufbaus und des Verhaltens eines idealen und eines realen Langkanal-MOSFETs und haben ein umfassendes Verständnis von den sogenannten Kurzkanaleffekten in Kurzkanal-MOSFETs bzw. in Nano-MOSFETs. Darüber hinaus kennen sie technologische Strategien zur Minimierung der Kurzkanaleffekte und kennen die prinzipiellen Herstellungsprozessabläufe moderner CMOS-Prozesse. Außerdem besitzen die Studierenden die Kenntnis und das Verständnis des ITRS-Konzeptes der Halbleiterindustrie und der Notwendigkeit einer Post-CMOS-Ära". |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Kenntnisse aus den Vorlesungen Halbleiterbauelemente und HLT I - Technologie Integrierter Schaltungen von Vorteil.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulze: Konzepte Silizium-basierter MOS-Bauelemente, Springer, 2005</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|  |                                                                                                                                                   |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Deleonibus (Ed.): Electronic Device Architectures for the Nano-CMOS Era, World Scientific, 2008</li></ul> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                       |                      |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92543 | <b>Quantenelektronik I - Tunnel- und "Quantum Well"-Baelemente</b><br>Quantum electronics I - Tunnel and quantum well components                                      | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Quantenelektronik I - Tunnel- und "Quantum Well"-Baelemente (2 SWS)<br>Übung: Übung zu Quantenelektronik I - Tunnel- und "Quantum Well"-Baelemente (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze<br>Anne-Marie Lang                                                                                                                        |                      |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften von Quantentöpfen, -drähten und -punkten</li> <li>elektronische und mechanische Eigenschaften von Silizium-Germanium-Heterostrukturen</li> <li>Einfluss der elastischen Verspannungen auf die Bandstruktur</li> <li>Technologische Realisierung von Potentialbarrieren, Quantum Wells" und Quantentöpfen</li> <li>Funktionsweise von Siliziumbasierten Hetero- und Quantenbauelementen (Tunnel-FET, Heterofeldeffekttransistoren, SET, Heterobipolartransistor, MODFET)</li> <li>Laser und VCSEL</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden besitzen die Kenntnis und das Verständnis quantenmechanischer Effekte in klassischen Halbleiterbauelementen, kennen und verstehen quantenmechanische Bauelemente, die gezielt auf diesen Effekten beruhen und besitzen die Fähigkeit, neue Bauelemente zu entwerfen und zu dimensionieren.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Kenntnisse aus Halbleiterbauelemente und Halbleitertechnik I - Bipolartechnik empfohlen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel<br>Prüfung findet als Klausur (90 Minuten) statt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | <b>Literaturhinweise</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kasper, Paul: Silicon Quantum Integrated Circuits, Springer, 2005</li> <li>• Harrison: Quantum Wells, Wires and Dots, Wiley, 2000</li> <li>• Maiti, Armstrong: TCAD for Si, SiGe, GaAs Integrated Circuits, Francis and Taylor, 2008</li> <li>• Schulze: Konzepte Silizium-basierter MOS-Bauelemente, Springer, 2005</li> </ul> |
|----|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92544 | <b>Quantenelektronik II - Spintronik und Quantum Computation</b><br>Quantum electronics II - Spintronics and quantum computation (QE IV)                                              | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronen- und Kernspin, Spinmanipulation und Elektronenfallen</li> <li>• Informationsdarstellung und -verarbeitung mittels des magnetischen Moments von Elektronen</li> <li>• Spinor-Wellenfunktionen und das Verschränken („Entanglement“) von Quantenzuständen</li> <li>• Q-Bits und Q-Gatter; Quantenalgorithmen (Shor-Algorithmus)</li> <li>• Emulation von Quantenalgorithmen auf von-Neumann-Architekturen</li> <li>• IBM-Konzept eines Quantencomputers basierend auf organischen Molekülen</li> <li>• Silizium-Germanium-basierte Heterostrukturen für das „Quantum Computation“</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden besitzen die Kenntnis und das Verständnis des Spins von Elektronen, kennen technologische Möglichkeiten zur Spinmanipulation, -injektion, -extraktion und -detektion und kennen und verstehen den Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise quantenmechanischer Bauelemente, die auf ferromagnetischen Materialeigenschaften beruhen. Darüber hinaus haben sie Kenntnis und Verständnis von der Darstellung und Verarbeitung von Q-Bits, der technologischen Realisierung von Q-Bits, kennen das RSA-Verschlüsselungsverfahren und können es anwenden und kennen den Shor-Algorithmus.                                       |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlen werden Kenntnisse wie sie z.B. in <i>Halbleiterbauelemente</i> vermittelt werden sowie Kenntnisse aus <i>Halbleitertechnik I – Bipolartechnik (HL I)</i> . Das Modul wird u.a. als Vertiefungsmodul der Studierrichtung Mikroelektronik (EEI) angeboten. Die Vorlesung wird jeweils im Sommersemester (ab SS23) angeboten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 4 Elektronische Bauelemente, Schaltungen und Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich<br>Prüfung findet als Klausur (90 Minuten) statt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|    |                                         |                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt)<br>Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt) |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | ?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                                    |

# 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>145947 | <b>Hochfrequenzmesstechnik</b><br>Microwave Measurements                                                                                                                              | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Die Hochfrequenzmesstechnik hat für die Tätigkeiten in der Forschung, Entwicklung und Fertigung eine ganz besondere Bedeutung. Sie dient der Verifikation von Praxis und Theorie bei der Entwicklung neuer Funk-, Radar- und Drahtlosgeräten und Verfahren sowie bei der Einhaltung technischer Parameter während der Fertigung der Geräte.<br>In der Vorlesung in Kombination mit praktischen Übungen werden typische Geräteklassen der HF-Messtechnik, deren Aufbau und Anwendungsgebiete detailliert vorgestellt und Messaufgaben demonstriert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Fachkompetenz<br>Verstehen<br>Die Lernenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweise von typischen Baugruppen in HF-Messgeräten.<br>Sie können das Zusammenwirken der einzelnen Baugruppen beschreiben.<br>Anwenden<br>Die Lernenden können Gerätekonzepte vergleichen und durch Rechnungen abschätzen, welche Anforderungen an Messgeräte durch die jeweilige Messaufgabe gestellt werden.<br>Analysieren<br>Lernende können alternative Gerätekonzepte für eine Messaufgabe differenzieren und gegenüberstellen.<br>Evaluieren (Beurteilen)<br>Lernende können aus der Kenntnis der Funktionsweise und des Aufbaus eines Messgeräts unter Berücksichtigung der Messanforderungen HF-Messtechnik evaluieren.<br>Erschaffen<br>Lernende können mit dem vermittelten Wissen Messgeräte konzipieren und unter Anwendung der zugrundeliegenden Theorie Blockschaltbilder für ein Gerätekonzept erstellen und die Leistungsfähigkeit abschätzen. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich<br>Die Prüfungsleistung ist eine mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p>Thumm, M., Wiesbeck, W., Kern, S.: Hochfrequenzmeßtechnik. B.G. Teubner, Stuttgart, 1997</p> <p>Schiek, B.: Grundlagen der Hochfrequenz-Messtechnik, Springer-Verlag, Berlin, 1999</p> <p>Hiebel, M.: Grundlagen der vektoriellen Netzwerkanalyse, München: Rohde &amp; Schwarz GmbH, 2006</p> <p>Rauscher, Ch.: Grundlagen der Spektrumanalyse, München: Rohde &amp; Schwarz GmbH, 2004</p> <p>Dunsmore, J.P.: Handbook of Microwave Component Measurements Hoboken, NJ: John Wiley &amp; Sons, 2012</p> <p>Bonaguide, G.; Jarvis, N.: The VNA Applikation Handbook, Boston, London: Artech House, 2019</p> |

|   |                                  |                                                                  |               |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92390 | <b>Photonik 1</b><br>Photonics 1                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Photonik 1 Übung (2 SWS)<br>Vorlesung: Photonik 1 (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Jasper Freitag<br>Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß                |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Es werden umfassend die technischen und physikalischen Grundlagen des Lasers behandelt. Der Laser als optische Strahlquelle stellt eines der wichtigsten Systeme im Bereich der optischen Technologien dar. Ausgehend vom Helium-Neon-Laser als Beispielsystem werden die einzelnen Elemente wie aktives Medium und Resonatoren eines Lasers sowie die ablaufenden physikalischen Vorgänge eingehend behandelt. Es folgt die Beschreibung von Laserstrahlen und ihrer Ausbreitung als Gauß-Strahlen sowie Methoden zur Beurteilung der Strahlqualität. Eine Übersicht über verschiedene Lasertypen wie Gaslaser, Festkörperlaser und Halbleiterlaser bietet einen Einblick in deren charakteristische Eigenschaften und Anwendungen. Vervollständigt wird die Vorlesung durch die grundlegende Beschreibung von Lichtwellenleitern, Faserverstärkern und halbleiterbasierten optoelektronischen Bauelementen wie Leuchtdioden und Photodioden.</p>                                                               |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Grundlagen der Physik des Lasers darlegen.</li> <li>• verstehen Eigenschaften und Beschreibungsmethoden von laseraktiven Medien, der stimulierte Strahlungsübergänge, der Rategleichungen, von optischen Resonatoren und von Gauß-Strahlen.</li> <li>• können verschiedene Lasertypen aus dem Bereichen Gaslaser, Festkörperlaser und Halbleiterlaser erklären und vergleichen.</li> <li>• können grundlegende Eigenschaften von Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterbauelementen erklären und skizzieren.</li> <li>• verstehen Aufbau und Funktionsweise ausgewählter optoelektronischer Bauelemente.</li> <li>• können grundlegende Fragestellung der Lasertechnik eigenständig bearbeiten, um Laserstrahlquellen weiterzuentwickeln und Lasertechnik und Photonik in einer Vielzahl von Anwendungen in Bereichen wie Medizintechnik, Messtechnik, Übertragungstechnik, Materialbearbeitung oder Umwelttechnik einzusetzen.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen werden Kenntnisse im Bereich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentalphysik, Optik</li> <li>• Elektromagnetische Felder</li> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010.<br><br>Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.<br><br>Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004.<br><br>Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008.<br><br>Träger, F. (Editor): Springer Handbook of Lasers and Optics, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012. |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92400 | <b>Optische Übertragungstechnik</b><br>Optical communication systems                                                                                                                  | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Kommerzielle Optische Kommunikationssysteme erreichen pro Faser Übertragungskapazitäten von mehreren Tbit/s. Im Labor wurden mehr als 100Tbit/s nachgewiesen. Die Realisierung derartiger Systeme setzt die Beherrschung verschiedenster Techniken der optischen Übertragungstechnik voraus. In der Vorlesung werden Techniken des Zeitbereichs - (TDM) und Wellenlängenmultiplex (WDM), aber besonders auch der Auslegung der Übertragungsstrecke (Link Design) auf der Basis entsprechender physikalischer und signaltheoretischer Grundlagen behandelt und vertieft. Dabei werden Verfahren besprochen, die sicherstellen, dass sowohl die Signalverzerrungen durch lineare und nichtlineare Fasereffekte als auch die Akkumulation des Verstärkerrauschens begrenzt bleiben. Es wird ausführlich die Systemoptimierung hinsichtlich des optischen Signal-Rausch-Verhältnisses (OSNR) diskutiert sowie auf Techniken des Dispersions- und Nichtlinearitätsmanagements (z.B. Solitonenübertragung) eingegangen. Hierbei wird dem Themenkomplex einer optimalen Streckenauslegung besonders eingehend behandelt. In der Folge werden verschiedene, gebräuchliche Modulationsverfahren einschließlich kohärenter Übertragungsverfahren behandelt, die in neueren Systemen eingesetzt und in experimentellen Systemen getestet werden. Eine Besprechung optischer Verfahren zur Signalregeneration bildet die Brücke zu aktuellen eigenen Forschungsarbeiten.</p> <p>Die vermittelten Grundlagen werden in der Übung zur Vorlesung durch praxisnahe und anschauliche Simulationsbeispiele vertieft.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Konzeption und Struktur verschiedener optischer Übertragungssysteme.</li> <li>• können die Qualität optischer Datensignale im Kontext verschiedener Systemkonzepte vergleichen und bewerten</li> <li>• sind in der Lage Streckenauslegungen zu entwickeln und zu optimieren.</li> <li>• besitzen methodische Kenntnis zur Bestimmung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit optischer Übertragungsstrecken unter Einbeziehung aktueller wissenschaftlicher Ergebnisse.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Komponenten optischer Kommunikationssysteme hilfreich aber nicht obligatorisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Agrawal, G.P.: Fiber-Optic Communication Systems, John Wiley &amp; Sons, 1997</p> <p>Agrawal, G.P.: Nonlinear Fiber Optics, John Wiley &amp; Sons, 3. Auflage, 2001</p> <p>Kaminow, I, Koch, T.: Optical Fiber Telecommunications IVA, Academic Press, 2002</p> <p>Skriptum zur Vorlesung</p> <p>Kaminow, I, Li, T., Willner, A.: Optical Fiber Telecommunications VA, Academic Press, 2008</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                    |               |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92410 | <b>Komponenten optischer Kommunikationssysteme</b>                                                                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Komponenten optischer Kommunikationssysteme Übung (2 SWS)<br>Vorlesung: Komponenten optischer Kommunikationssysteme (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Christian Carlowitz<br>Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß                                                                    |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Seit Ende der 70er Jahre werden Systeme zur optischen Nachrichtenübertragung eingesetzt. Seither haben sich sowohl deren Übertragungskapazität als auch die Reichweite drastisch erhöht. Die so entstandenen optischen Kommunikationsnetze sind al Rückgrat der weltweiten Kommunikationsinfrastruktur zu sehen. Diese Entwicklungen wurden und werden besonders durch Innovationen auf dem Gebiet der Komponenten und Subsysteme ermöglicht. Im Rahmen der Vorlesung wird auf die physikalischen Grundlagen der wichtigsten Komponenten wie Halbleiterlaser, Modulatoren, Glasfasern, optische Verstärker und Empfangsdioden eingegangen, wobei ein besonderes Augenmerk auf systemrelevante Effekte und Kenngrößen gelegt wird. An Beispielen wird der Einfluss von Komponenteneigenschaften auf die Leistungsmerkmale des Gesamtsystems erläutert. Dabei wird auch auf real eingesetzte oder in Entwicklung befindliche Komponenten und Systeme Bezug genommen.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen den Aufbau und die Funktionsweisen von opto-elektronischen und optischen Bauelementen, die in der optischen Übertragungstechnik eingesetzt werden.</li> <li>• können die optischen Eigenschaften der Systemkomponenten und deren Beeinflussung durch die gewählten Betriebsparameter beurteilen.</li> <li>• kennen die verschiedenen Bauelemente und Subsysteme und deren Eigenschaften</li> <li>• können die Bedeutung linearer und nichtlinearer faseroptischer Effekte und deren Auswirkung auf Systemeigenschaften einschätzen.</li> <li>• können faseroptische Übertragungssysteme und ihre komponentenabhängigen Eigenschaften analysieren.</li> <li>• beherrschen den grundlegenden Umgang mit Systemsimulationswerkzeugen zur Dimensionierung faseroptischer Übertragungssysteme.</li> </ul>                                                                                           |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen werden grundlegende Kenntnisse in den Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterphysik</li> <li>• Strahlenoptik</li> <li>• Photonik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich<br>Prüfungsform: mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Agrawal, G.P.: Fiber Optic Communication Systems, Willey, New York, 1992.<br><br>Voges, E.; Petermann, K.: Optische Kommunikationstechnik, Springer, Berlin, 2002.<br><br>Kaminow, I, Li, T.: Optical Fiber Telecommunications IVA, Academic Press, 2002.<br><br>Kaminow, I, Li, T., Willner, A.: Optical Fiber Telecommunications VA, Academic Press, 2008. |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92610 | <b>Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten</b>                                                                                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|---|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Das Modul beschäftigt sich mit den elementaren passiven Bauelementen der Elektrotechnik und ihren hochfrequenztechnischen Eigenschaften. Neben der Theorie und den Eigenschaften der passiven Bauelemente werden wichtige anwendungsspezifische Aspekte behandelt. Zunächst werden der Aufbau und die Eigenschaften sowie die Frequenzabhängigkeit realer Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Übertrager und Resonanzelemente behandelt. Als Basis hierzu werden der Skineffekt und die Polarisationsmechanismen in dielektrischen bzw. magnetischen Medien thematisiert. Die Eigenschaften der elektrischen Leitung - als Beispiel für ein elektromagnetisches Bauelement, das in wenigstens einer Dimension größer als die Wellenlänge ist - bilden einen weiteren Bestandteil. In diesem Rahmen werden die Leitungstheorie der Lecherleitung und der Einsatz von Leitungen als Transformationselement behandelt. Als Hilfsmittel für Leitungstransformationen wird das Smith-Chart eingeführt, welches zur Bearbeitung von Schaltungsaufgaben eingesetzt wird. Des Weiteren werden die Eigenschaften und Anwendungen gängiger hochfrequenztauglicher Wellenleiter, wie z. B. koaxiale oder planare Wellenleiter, behandelt. Abschließend werden die Wellengrößen und die Streuparameterdarstellung zur Beschreibung hochfrequenter elektrischer Komponenten und Netzwerke eingeführt.</p> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls kennen und verstehen die Studierenden die HF-Eigenschaften von realen konzentrierten Bauelementen sowie von elektromagnetischen Wellenleitern und deren Zusammenschaltungen und können die zuvor genannten passiven Bauelemente anhand ihrer Kenngrößen bewerten. Sie sind zudem in der Lage, die Kenngrößen und die frequenzabhängigen Übertragungseigenschaften von konzentrierten Bauelementen, von Wellenleitern und von einfachen Zusammenschaltungen zu berechnen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik 1-2</li> <li>• Mathematik 1-3</li> <li>• Werkstoffkunde</li> <li>• Elektromagnetische Felder I (begleitend)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p>[1] Frank Gustrau, Hochfrequenztechnik: Grundlagen der mobilen Kommunikationstechnik, Carl Hanser Verlag GmbH &amp; Co. KG, 1. Auflage, 2011</p> <p>[2] Zinke, O., Brunswig, H., Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer Verlag, Berlin, 6. Auflage, 2000</p> <p>[3] Meinke, H., Gundelach, F. W., Lange, K., Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer Verlag, Berlin, 5. Auflage, 1992</p> <p>[4] Rizzi, P. A., Microwave Engineering, Passive Circuits Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988</p> <p>[5] Pozar, D. M., Microwave Engineering John Wiley &amp; Sons, New York, 2. Auflage, 1998</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                      |                  |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92720 | <b>Hochfrequenztechnik</b><br>Microwave technology                                                                                   | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Hochfrequenztechnik (2 SWS)<br>Übung: Hochfrequenztechnik Übung (2 SWS)<br>Tutorium: Hochfrequenztechnik Tutorium (2 SWS) | 5 ECTS<br>-<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek<br>Valentin Marx                                                                                       |                  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Nach einer Einführung in die Frequenzbereiche und Arbeitsmethoden der Hochfrequenztechnik werden die Darstellung und Beurteilung linearer n-Tore im Wellen-Konzept systematisch hergeleitet und Schaltungsanalysen in der Streumatrix-Darstellung durchgeführt. Bauelemente wie Dämpfungsglieder, Phasenschieber, Richtungsleitungen, Anpassungstransformatoren, Resonatoren und Mehrkreisfilter sowie Richtkoppler und andere Verzweigungs-n-Tore erfahren dabei eine besondere Behandlung, insbesondere in Duplex- und Brückenschaltungen. Rauschen in Hochfrequenzschaltungen wirkt vor allem in Empfängerstufen störend und ist zu minimieren. Antennen und Funkfelder mit ihren spezifischen Begriffen, einschließlich der Antennen- Gruppen bilden einen mehrstündigen Abschnitt. Abschließend werden Hochfrequenzanlagen, vor allem Sender- und Empfängerkonzepte in den verschiedenen Anwendungen wie Rundfunk, Richtfunk, Satellitenfunk, Radar und Radiometrie vorgestellt und analysiert. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>erwerben fundierte Kenntnisse über die typischen passiven HF-Bauelemente sowie den Umgang mit Streuparametern und die Analyse von HF-Schaltungen.</li> <li>lernen Antennenkonzepte und elementare Berechnungsmethoden für Antennen, Funkfelder, Rauschen und HF-Systeme kennen.</li> <li>sind in der Lage, die Kenngrößen und die hochfrequenten Eigenschaften von HF-Bauelementen und Baugruppen sowie Antennen und einfachen HF-Systemen zu berechnen und zu bewerten.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlene Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten</li> <li>Elektromagnetische Felder I</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Prüfungsform: schriftlich (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                         |                                                                                                                                                                            |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Zinke, O., Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000).<br><br>Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004) |

|   |                                  |                                                              |               |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96000 | <b>Antennen</b><br>Antennae                                  | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Antennen (2 SWS)<br>Übung: Antennen Übung (2 SWS) | 5 ECTS<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Jan Steffen Schür<br>Johannes Fleischmann           |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung (Abstrahlung, Antennentypen, Anwendungsaspekte)</li> <li>• Grundlagen (Ebene Wellen, Polarisierung, Hertzscher Dipol, Kenngrößen)</li> <li>• Linearantennen (Dipole, Linienquellen)</li> <li>• Array-Antennen (Arrayfaktor, Verkopplung, Belegungsfunktionen)</li> <li>• Strahlschwenkung (Phasengesteuerte Arrays, frequenzgesteuerte Arrays)</li> <li>• Resonante Antennen (Babinet's Prinzip, Schlitzantennen, Patch-Antennen)</li> <li>• Aperturstrahler (Huygens Prinzip, Hornstrahler, Reflektorantennen)</li> <li>• Linsenantennen (Strahlenoptik, Linsentypen, künstliche Dielektrika)</li> <li>• Numerische Berechnungsverfahren (FDTD-Methode, Simulationsbeispiele)</li> <li>• Breitbandantennen (Winkelprinzip, Spiralantennen, Log.-Per. Antennen, Baluns)</li> <li>• Systemanwendungen von Antennen (Diversity, Mobilfunk, Radarsysteme)</li> <li>• Antennen-Messtechnik</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen analytische und numerische Berechnungsmethoden für Antennen und Funkfelder kennen und anwenden.</li> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über klassische und spezielle Antennenbauformen und deren Charakteristiken für unterschiedliche Anwendungsgebiete im Kommunikations- und Radarbereich.</li> <li>• sind in der Lage, die Kenngrößen und die hochfrequenten Eigenschaften von einfachen Antennen, Gruppenantennen und Funkfeldern zu berechnen, darzustellen und zu bewerten.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlene Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten</li> <li>• Elektromagnetische Felder I</li> <li>• Hochfrequenztechnik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)<br>Prüfungsform: schriftlich (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraus, Marhefka: Antennas for All Applications, International Edition, McGraw-Hill, Boston, 3rd Edition, 2002.</li> <li>• Balanis: Antenna Theory, Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, New York, 2nd Edition, 1997.</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96220 | <b>HF-Schaltungen und Systeme</b>                                                                                                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Nach einer einleitenden Übersicht über aktive Bauelemente und Schaltungen der Hochfrequenztechnik werden die Grundlagen nichtlinearer Schaltungen behandelt. Auf dieser Basis werden resistive und parametrische Mischer sowie Detektoren und Frequenzvervielfacher mit Schottky- und Varaktor-Dioden vorgestellt und beispielhafte Schaltungen besprochen. Im nächsten Abschnitt werden Mikrowellenverstärker mit Bipolar- und Feldeffekt-Transistoren für kleine und mittlere Leistungen sowie Klystron- und Wanderfeldröhrenverstärker für hohe Leistungen mit ihrem konstruktiven Umfeld vorgestellt und Schaltungsausführungen analysiert. Ausgehend von den allgemeinen Schwingbedingungen werden dann Zweipol- und Vierpol-Oszillatoren in ihrer Funktionsweise dargestellt und Berechnungsverfahren angegeben. Neben Tunneldioden- und Transistor-Oszillatoren werden auch Laufzeit-Halbleiter-Systeme in Form von Gunn-Elementen und IMPATT-Dioden sowie Laufzeit-Röhren behandelt. Verfahren zur passiven und aktiven Frequenzstabilisierung, komplexere Zusammenschaltungen von aktiven und nichtlinearen Komponenten und eine Darstellung der Einsatzbereiche von aktiven/nichtlinearen Elemente in HF-Systemen runden die Lehrveranstaltung ab.</p> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben spezialisiertes und vertieftes Wissen über den Umgang mit aktiven und nichtlinearen Bauelementen der Hochfrequenztechnik</li> <li>• können physikalische Prinzipien und deren technische Umsetzung zur Realisierung von Hochfrequenz-Mischern, Detektoren, Vervielfachern, Verstärkern und Oszillatoren anwenden.</li> <li>• sind in der Lage, die Schaltungen der genannten HF-Komponenten eigenständig zu analysieren, zu konzipieren und zu entwickeln.</li> <li>• können hochfrequenten Eigenschaften von aktiven und nichtlinearen Schaltungen berechnen, darstellen und bewerten.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterbauelemente</li> <li>• Passive Bauelemente</li> <li>• Elektromagnetische Felder I</li> <li>• Hochfrequenztechnik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>B. Razavi, "RF Microelectronics", 2. Auflage Prentice Hall 2011</p> <p>Zinke, O., Brunswig, H., "Hochfrequenztechnik", Band 2, Springer, Berlin, 5. Auflage, 1999.</p> <p>Voges, E., "Hochfrequenztechnik", 3. Auflage, Hüthig, 2004.</p> <p>Bächtold, W., "Mikrowellentechnik", Vieweg, Braunschweig, 1999.</p> <p>Bächtold, W., "Mikrowellenelektronik", Vieweg, Braunschweig, 2002.</p> <p>Maas, S. A., "Nonlinear Microwave and RF Circuits", Artech House, 2. Auflage, 2003.</p> <p>Pozar, D. M., "Microwave Engineering", 4. Auflage Wiley 2011.</p> |

|   |                                  |                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96316 | <b>Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (RWS)</b><br>Radar, RFID and wireless sensor systems (RWS) | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (2 SWS)                                            | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                         |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Radar, RFID and wireless sensor and wireless locating systems are essential for automotive advanced driver-assistance systems (ADAS), autonomous driving and flying, robotics, industrial automation, logistics and novel human machine interfaces. Further key areas include medical electronics, building technology and cyber-physical systems.</p> <p>The module "Radar, RFID and Wireless Sensors" is an introduction into functional principles, building blocks, hardware and signal processing concepts and applications of modern radar, RFID, wireless sensor and real time locating systems. Covered applications include automotive radar, road and air traffic control systems, as well as robotics, industrial automation and medical technology.</p> <p>RWS is an identical replacement of the former module "Drahtlose Sensoren, Radar- und RFID-Systeme DSR.</p> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn about the setup, function and application of wireless sensors, Radar and RFID-systems</li> <li>• can analyze, discuss and implement basic components and system structures, signal theory, data processing and use cases</li> <li>• can determine the underlying physical limitations and sources of errors</li> <li>• are able to analyze and create system specifications and can compare and rate the usability of wireless sensors, Radar and RFID-systems</li> <li>• can create and define independently applications and system designs of RWSs</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p>Sensors for Ranging and Imaging", Graham Brooker, Scitech Publishing Inc., 2009</p> <p>Radar mit realer und synthetischer Apertur", H. Klausing, W. Holpp, Oldenbourg, 1999</p> <p>Praxiswissen Radar und Radarsignalverarbeitung" Albrecht K. Ludloff, 2008</p> <p>"RFID at ultra and super high frequencies: theory and application Dominique Paret, John Wiley &amp; Sons, 2009.</p> <p>RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC", Klaus Finkenzeller, Carl Hanser Verlag, 6. Auflage 2012.</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96350 | <b>Photonik 2</b><br>Photonics 2                                                                                                                                                      | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Aufbauend auf "Photonik 1" werden fortgeschrittene Verfahren der Laser-Messtechnik, komplexe Laser-Systeme sowie deren technische Anwendungen besprochen.</p> <p>In einem ersten Themenkomplex werden Messverfahren für praktisch wichtige Laserkenngrößen wie z.B. Laserstrahlleistung, Polarisationszustand und Spektrum der Lichtwelle behandelt. Anschließend wird die räumliche und zeitliche Kohärenz eines Laserstrahls diskutiert. Dies ist die Grundlage für interferometrische Messverfahren zur Bestimmung von Lichtwellenlängen und hochaufgelösten optischen Spektren oder auch für mechanische Größen wie Weg und Winkelbeschleunigung.</p> <p>Rauschquellen in photonischen Systemen werden beschrieben und diskutiert. Wichtige Maßnahmen zur Reduktion von Rauschen in optischen Aufbauten werden vorgestellt.</p> <p>Optische Verstärker auf Glasfaserbasis, sog. Faserverstärker und darauf aufbauende Faserlaser werden in einem eigenen Kapitel vorgestellt. Faser-Bragg-Gitter als wichtige Bestandteile eines Faserlasers werden in Herstellung und Anwendung. U.a. in der Messtechnik diskutiert.</p> <p>Zeitlich dynamische Vorgänge im Laser, beschrieben durch die so genannten Ratengleichungen und deren Lösung, werden ausführlich behandelt. Begriffe wie Spiking oder Relaxationsschwingungen und Verfahren wie Mode-Locking oder Q-Switching werden besprochen. Daraus wird die Funktion und die technische Anwendung von Lasern zur Erzeugung von energiereichen Lichtimpulsen bis hin zu sogenannten Femtosekundenlasern abgeleitet.</p> <p>Das Themengebiet der optischen Frequenzumsetzung wird mit einem Kapitel zur linearen und nichtlinearen Optik eingeleitet. Technische Anwendungen wie optische Frequenzverdoppelung, Erzeugung von UV-Licht durch Frequenzvervielfachung werden darauf aufbauend besprochen. Ein Kapitel zum Raman-Effekt und zur stimulierten Brillouin-Streuung sowie deren Anwendung schließt den Inhalt ab.</p> <p>Methoden und Systeme aus "Photonik 2" werden eingesetzt z.B. für die Präzisionsmesstechnik, in der industriellen Materialbearbeitung, in der Bioanalytik, für die Medizintechnik, in Geräten der Unterhaltungselektronik oder in der optischen Nachrichtentechnik.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | Die Studierenden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über Laser und den in den Inhalten beschriebenen photonischen Systemen und Methoden.</li> <li>• können die im Inhalt beschriebenen fortgeschrittenen Methoden der Photonik erklären und anwenden.</li> <li>• können technische und wissenschaftliche Anwendungen dieser photonischen Systeme diskutieren, beurteilen und vergleichen.</li> <li>• sind in der Lage, derartige photonische Systeme zu konzipieren und zu entwickeln.</li> <li>• können eigenständige Ideen und Konzepte zur Lösung wissenschaftlicher und beruflicher Probleme der Photonik entwickeln.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonik 1 oder vergleichbare Grundlagen der Photonik und Lasertechnik.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. Springer Verlag, Berlin 2006.</p> <p>Reider, G.A.: Photonik. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2005.</p> <p>Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 1993.</p> <p>Demtröder, W: Laserspektroskopie. Springer Verlag, Berlin 2000.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|   |                                  |                                                                                              |               |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96381 | <b>Bildgebende Radarsysteme</b><br>Imaging radar systems                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Bildgebende Radarsysteme Übung (2 SWS)<br>Vorlesung: Bildgebende Radarsysteme (2 SWS) | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek<br>Dr.-Ing. Ingrid Ullmann                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>In vielen sehr aktuellen Innovationsfeldern wie etwa im Bereich der Robotik / fahrerlose Systeme, der Kfz-Sensorik, der Sicherheitstechnik, der Fernerkundung und Umwelttechnik, der Medizin oder im Bereich "Internet der Dinge" spielen bildgebende Hochfrequenzsysteme eine zentrale Rolle. Bildgebende Hochfrequenzsysteme erfassen die Umwelt - was die Basis für jegliche autonome und flexible Entscheidungen ist - und sie können Erkenntnisse über visuell nicht zugängliche Strukturen gewinnen. Das Modul vermittelt vertiefte Kenntnisse im zuvor genannten Themengebiet. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden die physikalischen Grundlagen, die Systemtheorie, Verfahren und Konzepte, Auswerteprinzipien, Bildgebungsalgorithmen und Anwendungsmöglichkeiten moderner bildgebender Hochfrequenzsysteme erläutern, anwenden und reflektieren. Im Vordergrund stehen bildgebende aktive und passive Radarverfahren basierend auf realen und synthetischen Aperturen. Das Modul umfasst die folgenden Kapitel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Systemtheorie bildgebender Hochfrequenzsysteme</li> <li>• Radartechnik</li> <li>• Direkt abbildende Verfahren und Systeme</li> <li>• Synthetic Aperture Radar (SAR)</li> <li>• Polarimetrie</li> <li>• Radiometrische Bildgebung</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über bildgebende aktive und passive Radarverfahren basierend auf realen und synthetischen Aperturen und können diese gegenüberstellen, charakterisieren und aufgabenbezogen auswählen;</li> <li>• können die physikalischen Grundlagen, die Systemtheorie, Verfahren und Konzepte, Auswerteprinzipien, Bildgebungsalgorithmen und Anwendungsmöglichkeiten moderner bildgebender Hochfrequenzsysteme erläutern, anwenden und diskutieren;</li> <li>• können die physikalischen Möglichkeiten und Grenzen bei der Erfassung und Erkennung von Strukturen / Objekten einschätzen und in der Praxis überprüfen;</li> <li>• sind in der Lage, Systemabschätzungen vorzunehmen und die Einsetzbarkeit von Radarsystemen in den Bereichen Diagnose / Subsurface Sensing, Nahbereichsabbildung und</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | Fernerkundung zu bewerten sowie eigene Systemkonzepte auszuarbeiten und zu gestalten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlene Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten</li> <li>• Hochfrequenztechnik</li> <li>• Signale und Systeme</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 5 Radar-, Funk- und Photoniksysteme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich<br>Prüfungsform: mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>"Sensors for Ranging and Imaging", Graham Brooker, Scitech Publishing Inc. 2009.</p> <p>"Radar mit realer und synthetischer Apertur", H. Klausing, W. Holpp, Oldenbourg 1999.</p> <p>"Radar Handbook", Meril I. Skolnik, McGraw-Hill 2008.</p> <p>"Introduction to Subsurface Imaging", Bahaa Saleh, Cambridge 2011.</p> <p>"Microwave Radiometer Systems", Niels Skou, David Le Vine, 2nd ed., Artech House 2006.</p> <p>"Digital Image Processing", Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Prentice Hall 2007.</p> |

# 6 Informatik / Eingebettete Systeme

|   |                                  |                                                                                                                                                                      |                                  |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>43190 | <b>Reconfigurable Computing with extended exercises</b><br>Reconfigurable computing                                                                                  | <b>7,5 ECTS</b>                  |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Reconfigurable Computing (2 SWS)<br>Übung: Extended Exercises to Reconfigurable Computing (2 SWS)<br>Übung: Exercises to Reconfigurable Computing (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich<br>Pierre-Louis Sixdenier<br>Jose Juan Hernandez Morales<br>Tobias Hahn                                                                  |                                  |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Joachim Falk                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p><b>Content:</b></p> <p>Reconfigurable (adaptive) computing is a novel yet important research field investigating the capability of hardware to adapt to changing computational requirements such as emerging standards, late design changes, and even to changing processing requirements arising at run-time. Reconfigurable computing thus benefits from a) the programmability of software similar to the Von Neumann computer and b) the speed and efficiency of parallel hardware execution.</p> <p>The purpose of the course reconfigurable computing is to instruct students about the possibilities and rapidly growing interest in adaptive hardware and corresponding design techniques by providing them the necessary knowledge for understanding and designing reconfigurable hardware systems and studying applications benefiting from dynamic hardware reconfiguration.</p> <p>After a general introduction about benefits and application ranges of reconfigurable (adaptive) computing in contrast to general-purpose and application-specific computing, the following topics will be covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconfigurable computing systems: Introduction of available technology including fine grained look up table (LUT-) based reconfigurable systems such as field programmable gate arrays (FPGA) as well as newest coarse grained architectures and technology.</li> <li>• Design and implementation: Algorithms and steps (design entry, functional simulation, logic synthesis, technology mapping, place and route, bit stream generation) to implement (map) algorithms to FPGAs. The main focus lies on logic synthesis algorithms for FPGAs, in particular LUT technology mapping.</li> <li>• Temporal partitioning: techniques to reconfigure systems over time. Covered are the problems of mapping large circuits which do not fit one single device. Several temporal partitioning techniques are studied and compared.</li> <li>• Temporal placement: Techniques and algorithms to exploit the possibility of partial and dynamic (run-time) hardware</li> </ul> |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <p>reconfiguration. Here, OS-like services are needed that optimize the allocation and scheduling of modules at run-time.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• On-line communication: Modules dynamically placed at run-time on a given device need to communicate as well as transport data off-chip. State-of-the-art techniques are introduced how modules can communicate data at run-time including bus-oriented as well as network-on-a-chip (NoC) approaches.</li> <li>• Designing reconfigurable applications on Xilinx Virtex FPGAs: In this part, the generation of partial bitstreams for components to be placed at run-time on Xilinx FPGAs is introduced and discussed including newest available tool flows.</li> <li>• Applications: This section presents applications benefiting from dynamic hardware reconfiguration. It covers the use of reconfigurable systems including rapid prototyping, reconfigurable supercomputers, reconfigurable massively parallel computers and studies important application domains such as distributed arithmetic, signal processing, network packet processing, control design, and cryptography.</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p><b>Learning objectives and competencies:</b></p> <p>Domain-specific knowledge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students know to exploit run-time reconfigurable design methodologies for adaptive applications.</li> </ul> <p>Domain-specific comprehension</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students understand the mapping steps, and optimization algorithms.</li> <li>• The students classify different types and kinds of reconfigurable hardware technologies available today.</li> <li>• The students clarify pros and cons of reconfigurable computing technology.</li> <li>• The students summarize applications benefiting from reconfigurable computing.</li> </ul> <p>Domain-specific practice</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students apply design tools for implementation of circuits and systems-on-a-chip (SoC) on FPGAs during practical training.</li> </ul> <p>Social competency</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students perform group work in small teams during practical training.</li> </ul>                                                                                |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Selection of this module prohibits the selection of the modules "Reconfigurable Computing", "Reconfigurable Computing (Lecture with Exercises)", or "Reconfigurable Computing (Lecture with Extended Exercises)" by the student.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Variabel<br>Oral exam in case of less than 20 participants (duration 30 mins).<br>Otherwise, written exam (duration 90 mins). In both cases, successful completion of all tasks of the extended exercises is mandatory at the workstations in our lab at the chair.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Variabel (100%)<br>The exam determines the final grade of the module.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p><b>Further reading material:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The Hamburg VHDL Archive (see Documentation link for free books) <a href="http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/research/vlsi/vhdl/index.php">http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/research/vlsi/vhdl/index.php</a></li> <li>• Interactive VHDL Tutorial with 150 examples from ALDEC <a href="http://www.aldec.com/downloads/">http://www.aldec.com/downloads/</a></li> <li>• Easy FPGA tutorials, projects, and boards <a href="http://www.fpga4fun.com">http://www.fpga4fun.com</a></li> <li>• Xilinx WebPack ISE and Modelsim MXE (free FPGA synthesis tool and free VHDL simulator) <a href="http://www.xilinx.com/ise/logic_design_prod/webpack.htm">http://www.xilinx.com/ise/logic_design_prod/webpack.htm</a></li> <li>• Symphony EDA free VHDL simulator (select FREE Edition license) <a href="http://www.symphonyeda.com/products.htm">http://www.symphonyeda.com/products.htm</a></li> <li>• Icarus open-source Verilog simulator <a href="http://www.icarus.com/eda/verilog/">http://www.icarus.com/eda/verilog/</a></li> </ul> <p><b>Further information:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/reconfigurable-computing/">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/reconfigurable-computing/</a></p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>43490 | <b>Hardware-Software-Co-Design</b><br>Hardware-software-co-design                                                                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Joachim Falk<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren.</p> <p>Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation.</p> <p>1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen.<br/> 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software<br/> 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung)<br/> 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese)<br/> 5) Verifikation und Cosimulation<br/> 6) Tafelübungen</p> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs.</li> <li>Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit erweiterter Übung)“ aus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p><b>Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6</li> <li>Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319</li> </ul> <p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design</a></p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>43510 | <b>Parallele Systeme</b><br>Parallel systems                                                                                                                                          | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Joachim Falk<br>Frank Hannig<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Aktuelle PCs verfügen über Mehrkernprozessoren und Grafikkarten, die wiederum aus hunderten von einfachen Prozessoren bestehen können. Hierdurch wird ein hohes Maß an nebenläufiger Datenverarbeitung möglich, welche bis vor einigen Jahren nur in Großrechnern erreicht werden konnte. Die effiziente Ausnutzung dieser Parallelität bedarf allerdings mehr als nur mehrerer Prozessoren, insbesondere muss das zu lösende Problem Parallelverarbeitung erlauben. In dieser Vorlesung werden Eigenschaften unterschiedlicher paralleler Rechnerarchitekturen und Metriken zu deren Beurteilung behandelt. Weiterhin werden Modelle und Sprachen zum Programmieren paralleler Rechner eingeführt. Neben der Programmierung von allgemeinen Parallelrechnern werden Entwurfsmethoden (CAD) vorgestellt, wie man ausgehend von einer algorithmischen Problemstellung ein massiv paralleles Rechenfeld in VLSI herleiten kann, das genau dieses Problem optimal parallel berechnet. Solche Schaltungen spielen auf der Bit- bzw. Wortebene eine dominante Rolle (Arithmetik) sowie bei Problemen der Signal- und Bildverarbeitung (z.B. Filter). Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung. Im Einzelnen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theorie der Parallelität (parallele Computermodele, parallele Spezifikationsformen und -sprachen, Performanzmodelle und -berechnung)</li> <li>2) Klassifikation paralleler und skalierbarer Rechnerarchitekturen (Multiprozessoren und Multicomputer, Vektorrechner, Datenflussmaschinen, VLSI-Rechenfelder)</li> <li>3) Programmierbare System-on-Chip (SoC) und Mehrkern-Architekturen (Grafik-Prozessoren, Cell, etc.)</li> <li>4) Programmierung paralleler Rechner (Sprachen und Modelle, Entwurfsmethoden und Compiler, Optimierung)</li> <li>5) Massive Parallelität: Vom Algorithmus zur Schaltung</li> </ol> <p><i>Today's PCs consist of multi-core processors and graphics cards that again comprise hundreds to thousands of simple processors. As a result of this, a very high degree of parallel data processing becomes possible, which was subjected to supercomputers a couple of years ago. The efficient exploitation of parallel processing requires not only multiple processors but also parallelism inherent in the problem to be solved. In this lecture, properties of different parallel computer</i></p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>architectures and corresponding quality metrics are examined. Further, models and parallel programming languages are introduced. In addition to programming general parallel computers, design methods (CAD) are presented that systematically transform an algorithmic problem description into a massive parallel processor array (VLSI), which can optimally execute the given problem in parallel. Such highly parallel circuits play an essential role at the bit level and circuit level (arithmetics) as well as in the case of signal processing and image processing (e.g., filter). The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</p> <p><i>In detail, the following topics are covered:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theory of parallelism (parallel models of computation, parallel specification and parallel languages, performance models)</li> <li>2) Classification of parallel and scalable computer architectures (multi-processors and multi-computers, vector computers, data-flow machines, VLSI processor arrays)</li> <li>3) Programmable System-on-Chip (SoC) and multi-core architectures (graphics processors, Cell, etc.)</li> <li>4) Programming of parallel computers (languages and models, design methods and compiler, optimization)</li> <li>5) Massive parallelism: From algorithm to circuit</li> </ol>                                                                                                                  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung.</p> <p><i>The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</i></p> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte der parallelen Datenverarbeitung, sowohl theoretischer Art anhand von Modellen, als auch an Architekturbeispielen. The students become familiar with the fundamentals of parallel data processing, theoretic in the form of models as well as by architecture examples.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden setzen sich mit modernen eingebetteten parallelen Ein-Chip-Architekturen auseinander. The students get familiar with modern embedded parallel system-on-chip architectures.</li> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Performanzmodelle und Parallelisierungstechniken zur Analyse und Optimierung von parallelen Algorithmen und Architekturen an. The students exercise basic performance models and parallelization techniques for the analysis and optimization of parallel algorithms and architectures.</li> <li>• Die Studierenden setzen die Modellierung und den Entwurf von massiv-parallelen Prozessorfeldern in konkreten Aufgaben selbstständig um. In concrete tasks, the students apply independently the modeling and the design of massively parallel processors arrays.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Parallele Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)“ aus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten) <ul style="list-style-type: none"> <li>Ein Wechsel der Prüfungsform von einer Klausur zu einer mündlichen Prüfung ist in Ausnahmefällen (siehe § 16 ABMPO/TechFak) auch nach Semesterbeginn noch möglich. In diesem Fall werden die Studierenden spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn informiert.</li> <li>Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch. Die Unterrichts- und Prüfungssprache hängt von den Sprachkenntnissen und Präferenzen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ab und wird dementsprechend innerhalb der ersten zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn festgelegt.</li> </ul> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Weitere Informationen:<br><br><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>44120 | <b>Pattern Analysis</b><br>Pattern analysis                                                                                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Christian Riess                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>This module introduces the design of pattern analysis systems as well as the corresponding fundamental mathematical methods.</p> <p>The topics comprise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• clustering methods: soft and hard clustering</li> <li>• classification and regression trees and forests</li> <li>• parametric and non-parametric density estimation: maximum-likelihood (ML) estimation, maximum-a-posteriori (MAP) estimation, histograms, Parzen estimation, relationship between folded histograms and Parzen estimation, adaptive binning with regression trees</li> <li>• mean shift algorithm: local maximization using gradient ascent for non-parametric probability density functions, application of the mean shift algorithm for clustering, color quantization, object tracking</li> <li>• linear and non-linear manifold learning: curse of dimensionality, various dimensionality reduction methods: principal component analysis (PCA), multidimensional scaling (MDS), isomaps, Laplacian eigenmaps</li> <li>• Gaussian mixture models (GMM) and hidden Markov models (HMM): expectation maximization algorithm, parameter estimation, computation of the optimal sequence of states/ Viterbi algorithm, forward-backward algorithm, scaling</li> <li>• Markov random fields (MRF): definition, probabilities on undirected graphs, clique potentials, Hammersley-Clifford theorem, inference via Gibbs sampling and graph cuts</li> </ul> <p>Das Modul führt in das Design von Musteranalysesystemen sowie die zugrundeliegenden mathematischen Methoden ein.</p> <p>Die Vorlesung umfasst im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clustering-Methoden: Soft- und Hard-Clustering</li> <li>• Klassifikations- und Regressionsbäume/-wälder</li> <li>• parametrische und nicht-parametrische Dichteschätzung: Verfahren sind ML- und MAP-Schätzung, Histogramme, Parzenschätzung, Zusammenhang gefaltete Histogramme und Parzenschätzung, adaptives Binning mit Regressionsbäumen.</li> <li>• 'Mean Shift'-Algorithmus: lokale Maximierung durch Gradientenaufstieg bei nicht-parametrischen Dichtefunktionen, Anwendungen des 'Mean Shift'-Algorithmus zum Clustering, Farbquantisierung und Objektverfolgung</li> <li>• Linear and Non-Linear Manifold Learning: Curse of Dimensionality, Verschiedene Methode zur</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>Dimensionsreduktion: Principal Component Analysis (PCA), Multidimensional Scaling (MDS), Isomap, Laplacian Eigenmaps</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gaußsche Mischverteilungsmodelle (GMM) und Hidden-Markov-Modelle (HMM): 'Expectation Maximization'-Algorithmus, Parameterschätzung, Bestimmung der optimalen Zustandsfolge/Viterbi-Algorithmus, Vorwärts-Rückwärts-Algorithmus, Skalierung</li> <li>Markov-Zufallsfelder: Definition, Wahrscheinlichkeiten auf ungerichteten Graphen, Cliques-Potenziale, Hammersley-Clifford-Theorem, Inferenz mit Gibbs-Sampling und Graph Cuts</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>explain the discussed methods for classification, prediction, and analysis of patterns,</li> <li>compare and analyze methods for manifold learning and select a suited method for a given set of features and a given problem,</li> <li>compare and analyze methods for probability density estimation and select a suited method for a given set of features and a given problem,</li> <li>apply non-parametric probability density estimation to pattern analysis problems,</li> <li>apply dimensionality reduction techniques to high-dimensional feature spaces,</li> <li>explain statistical modeling of feature sets and sequences of features,</li> <li>explain statistical modeling of statistical dependencies,</li> <li>implement presented methods in Python,</li> <li>supplement autonomously the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature,</li> <li>discuss the social impact of applications of pattern analysis solutions.</li> </ul> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die behandelten Methoden zur Klassifikation, Vorhersage und Analyse von Mustern,</li> <li>vergleichen und analysieren Methoden des Manifold Learning und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus,</li> <li>vergleichen und analysieren Methoden zur Dichteschätzung und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus,</li> <li>wenden nicht-parametrische Dichteschätzung auf Probleme der Musteranalyse an,</li> <li>wenden Dimensionsreduktion bei hochdimensionalen Merkmalsräumen an,</li> <li>erläutern statistische Modellierung von Merkmalsmengen und Merkmalsfolgen,</li> <li>erklären statistische Modellierung abhängiger Größen,</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• implementieren vorgestellte Verfahren in Python.</li> <li>• ergänzen eigenständig mathematische Grundlagen der präsentierten Methoden durch selbstbestimmtes Studium der Literatur</li> <li>• diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkungen von Anwendungen der Musteranalyse</li> </ul>                                                                                                               |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel (60 Minuten)<br>Die Prüfung ist eine schriftliche Klausur mit einer Dauer von 60 Minuten. / The form of examination is a written exam of 60 minutes.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Begleitende Literatur / Accompanying literature: <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006</li> <li>• T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, 2nd Edition, Springer Verlag, 2009</li> <li>• A. Criminisi and J. Shotton: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Springer, 2013</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                      |                        |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>44130 | <b>Pattern Recognition</b><br>Pattern recognition                    | <b>5 ECTS</b>          |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: PR Exercise (1 SWS)<br>Vorlesung: Pattern Recognition (3 SWS) | 1,25 ECTS<br>3,75 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Paul Stöwer<br>Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier                          |                        |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayesian classifier</li> <li>• Logistic Regression</li> <li>• Naive Bayes classifier</li> <li>• Discriminant Analysis</li> <li>• norms and norm dependent linear regression</li> <li>• Rosenblatt's Perceptron</li> <li>• unconstraint and constraint optimization</li> <li>• Support Vector Machines (SVM)</li> <li>• kernel methods</li> <li>• Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs)</li> <li>• Independent Component Analysis (ICA)</li> <li>• Model Assessment</li> <li>• AdaBoost</li> </ul> <p>Mathematische Grundlagen der maschinellen Klassifikation am Beispiel folgender Klassifikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayes-Klassifikator</li> <li>• Logistische Regression</li> <li>• Naiver Bayes-Klassifikator</li> <li>• Diskriminanzanalyse</li> <li>• Normen und normabhängige Regression</li> <li>• Rosenblatts Perzeptron</li> <li>• Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen</li> <li>• Support Vector Maschines (SVM)</li> <li>• Kernelmethoden</li> <li>• Expectation Maximization (EM)-Algorithmus und Gaußsche Mischverteilungen (GMMs)</li> <li>• Analyse durch unabhängige Komponenten</li> <li>• Modellbewertung</li> <li>• AdaBoost</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster</li> <li>• erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren</li> <li>• wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsproblem an</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen unterschiedliche Klassifikatoren in Bezug auf ihre Eignung</li> <li>• verstehen in der Programmiersprache Python geschriebene Lösungen von Klassifikationsproblemen und Implementierungen von Klassifikatoren</li> </ul> <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the structure of machine learning systems for simple patterns</li> <li>• explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques</li> <li>• apply classification techniques in order to solve given classification tasks</li> <li>• evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem</li> <li>• understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Well grounded in probability calculus, linear algebra/matrix calculus</li> <li>• The attendance of our bachelor course 'Introduction to Pattern Recognition' is not required but certainly helpful.</li> <li>• Gute Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Linearer Algebra/Matrizenrechnung</li> <li>• Der Besuch der Bachelor-Vorlesung 'Introduction to Pattern Recognition' ist zwar keine Voraussetzung, aber sicherlich von Vorteil.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch oder Englisch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&amp;Sons, New York, 2001</li> <li>• Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

- |  |                                                                                                                                             |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006</li></ul> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>65718 | <b>Introduction to Machine Learning</b><br>Introduction to machine learning                                                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul hat zum Ziel, die Studierenden mit dem prinzipiellen Aufbau eines Mustererkennungssystems vertraut zu machen. Es werden die einzelnen Schritte von der Aufnahme der Daten bis hin zur Klassifikation von Mustern erläutert. Das Modul beginnt dabei mit einer kurzen Einführung, bei der auch die verwendete Nomenklatur eingeführt wird. Die Analog-Digital-Wandlung wird vorgestellt, wobei der Schwerpunkt auf deren Auswirkungen auf die weitere Signalanalyse liegt. Im Anschluss werden gebräuchliche Methoden der Vorverarbeitung beschrieben. Ein wesentlicher Bestandteil eines Mustererkennungssystems ist die Merkmalsextraktion. Verschiedene Ansätze zur Merkmalsberechnung/-transformation werden gezeigt, darunter Momente, Hauptkomponentenanalyse und Lineare Diskriminanzanalyse. Darüber hinaus werden Möglichkeiten vorgestellt, Merkmalsrepräsentationen direkt aus den Daten zu lernen. Das Modul schließt mit einer Einführung in die maschinelle Klassifikation. In diesem Kontext wird der Bayes- und der Gauss-Klassifikator besprochen.</p> <p>The module aims to familiarize students with the basic structure of a pattern recognition system. The individual steps from the acquisition of data to the classification of patterns are explained. The module starts with a short introduction, which also introduces the used nomenclature. Analog-to-digital conversion is introduced, with emphasis on its impact on further signal analysis. Common methods of preprocessing are then described. An essential component of a pattern recognition system is feature extraction. Various approaches to feature computation/transformation are demonstrated, including moments, principal component analysis, and linear discriminant analysis. In addition, ways to learn feature representations directly from the data are presented. The module concludes with an introduction to machine classification. In this context, the Bayes and Gauss classifiers are discussed.</p> <p>T</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Stufen eines allgemeinen Mustererkennungssystems</li> <li>• verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung</li> <li>• verstehen und implementieren Histogrammequalisierung und -dehnung</li> <li>• vergleichen verschiedene Schwellwertmethoden</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen lineare, verschiebungsinvariante Filter und Faltung</li> <li>• wenden verschiedene Tief- und Hochpassfilter sowie nichtlineare Filter an</li> <li>• wenden verschiedene Normierungsmethoden an</li> <li>• verstehen den Fluch der Dimensionalität</li> <li>• erklären verschiedene heuristische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Projektion auf einen orthogonalen Basisraum, geometrische Momente, Merkmale basierend auf Filterung</li> <li>• verstehen analytische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Hauptkomponentenanalyse, Lineare Diskriminanzanalyse</li> <li>• verstehen die Basis von Repräsentationslernen</li> <li>• erläutern die Grundlagen der statistischen Klassifikation (Bayes-Klassifikator)</li> <li>• benutzen die Programmiersprache Python, um die vorgestellten Verfahren der Mustererkennung anzuwenden</li> <li>• lernen praktische Anwendungen kennen und wenden die vorgestellten Algorithmen auf konkrete Probleme an</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the stages of a general pattern recognition system</li> <li>• understand sampling, the sampling theorem, and quantization</li> <li>• understand and implement histogram equalization and expansion</li> <li>• compare different thresholding methods</li> <li>• understand linear, shift invariant filters and convolution</li> <li>• apply various low-pass, high-pass, and nonlinear filters</li> <li>• apply different normalization methods</li> <li>• understand the curse of dimensionality</li> <li>• explain different heuristic feature calculation methods, e.g. projection on an orthogonal base space, geometric moments, features based on filtering</li> <li>• understand analytical feature computation methods, e.g. principal component analysis, linear discriminant analysis</li> <li>• understand the basis of representation learning</li> <li>• explain the basics of statistical classification (Bayes classifier)</li> <li>• use the programming language Python to apply the presented pattern recognition methods</li> <li>• learn practical applications and apply the presented algorithms to concrete problems</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Ein Mustererkennungssystem besteht aus den folgenden Stufen: Aufnahme von Sensordaten, Vorverarbeitung, Merkmalsextraktion und maschinelle Klassifikation. Dieses Modul beschäftigt sich in erster Linie mit den ersten drei Stufen und schafft damit die Grundlage für weiterführende Module (Pattern Recognition und Pattern Analysis).</p> <p>A pattern recognition system consists of the following stages: Sensor Data Acquisition, Preprocessing, Feature Extraction, and Machine</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | Classification. This module primarily deals with the first three stages and thus creates the basis for more advanced modules (Pattern Recognition and Pattern Analysis).                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien/lecture slides</li> <li>• Heinrich Niemann: Klassifikation von Mustern, 2. überarbeitete Auflage, 2003</li> <li>• Sergios Theodoridis, Konstantinos Koutroumbas: Pattern Recognition, 4. Auflage, Academic Press, Burlington, 2009</li> <li>• Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2. Auflage, John Wiley &amp; Sons, New York, 2001</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                              |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>93105 | <b>Sichere Systeme</b><br>Secure Systems                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>5 ECTS</b>                                                                                                                                |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Sichere Systeme Übung 5 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 9 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 4 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 8 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 6 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 3 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 1 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 2 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 7 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 10 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 12 (2 SWS)<br>Übung: Sichere Systeme Übung 11 (2 SWS)<br>Vorlesung: Sichere Systeme (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Felix Freiling<br>Maximilian Eichhorn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                              |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Felix Freiling                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Die Vorlesung gibt einen einführenden Überblick über Konzepte und Methoden der IT-Sicherheit. Themen (unter anderem):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angreifer und Schutzziele</li> <li>• Cyberkriminalität und Strafbarkeit</li> <li>• Ethik und Privatsphäre</li> <li>• grundlegende Muster von Unsicherheit in technischen Systemen</li> <li>• grundlegende Sicherheitsmechanismen</li> <li>• Techniken der Sicherheitsanalyse</li> <li>• ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Kryptographie und Internetsicherheit (Web-Security)</li> </ul> <p>In der Übung werden die Themen der Veranstaltung beispielhaft eingeübt. Themen (unter anderem):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kryptanalyse und Angreifbarkeit kryptographischer Protokolle</li> <li>• Schutzziele und Strafbarkeit</li> <li>• Zertifikate und Public-Key-Infrastrukturen</li> <li>• Web-Security</li> <li>• anonyme Kommunikation</li> <li>• formale Sicherheitsanalyse</li> <li>• Sicherheitstesten</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | Die Teilnehmenden erwerben einen Überblick über Konzepte und Methoden aus dem Bereich der IT-Sicherheit und können diese im Kontext der Informatik und der Lebenswirklichkeit anhand von Beispielen einordnen und erläutern. Die Studierenden können die                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | Schwächen in Internetprotokollen erkennen und benennen. Sie können außerdem erläutern, wie man diese Schwachstellen ausnutzt und welche technischen und organisatorischen Maßnahmen geeignet sind, diese Schwachstellen zu vermeiden. Die Studierenden lernen, die Wirksamkeit von IT-Sicherheitsmechanismen im gesellschaftlichen Kontext und in Kenntnis professioneller Strukturen der Cyberkriminalität aus technischen, ethischen und rechtlichen Perspektiven zu bewerten. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dieter Gollmann: Computer Security. 3. Auflage, Wiley, 2010.</li> <li>• Joachim Biskup: Security in Computing Systems. Springer, 2008.</li> </ul> <p>Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.</p>                                                                                                                                                                                                                        |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>93185 | <b>Reinforcement Learning</b><br>Reinforcement learning                                                                                                                               | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr.-Ing. Christopher Mutschler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>The lecture aims at teachin Reinforcement Learning (RL) and will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Reinforcement Learning (Agent-Environment-Interface, Markov Decision Processes)</li> <li>• Dynamic Programming (Bellman Equations, Value Iteration, Policy Iteration)</li> <li>• Model-Free Prediction</li> <li>• Model-Free Control</li> <li>• Value Function Approximation (Linear VFA and DQNs)</li> <li>• Policy-based Reinforcement Learning (Monte-Carlo Policy Gradient, Advantage Estimators, TRPO, PPO)</li> <li>• Model-based RL</li> <li>• Offline RL</li> <li>• Explainable RL</li> <li>• Exploration-Exploitation</li> <li>• Simulation to Reality Transfer</li> <li>• Research frontiers &amp; hot topics, Sim2Real &amp; Real-World Applications</li> </ul> |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>The students will learn to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the basic principle behind sequestration decision making problems and how to translate them into a formal model</li> <li>• compare and analyze methods different agents to search for policies</li> <li>• implement the presented methods in PyTorch,</li> <li>• discuss the social impact of applications that automate decision making</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Es handelt sich hier um eine Spezialisierungsvorlesung, eine erfolgreiche Absolvierung der Vorlesungen IntroPR" und/oder Pattern Recognition"/"Pattern Analysis" wird empfohlen. Konzepte, die in IntroPR" vermittelt werden, werden hier als Grundwissen vorausgesetzt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Variabel (90 Minuten)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The examination will include a written exam of 90 minutes at the end of the semester</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>The exam will cover the content of the lecture as well as that of the exercises (the exam will hence contain a mixture of theoretical questions and practical coding tasks)</li> </ul> <p>Please note that the exam will only take place in summer terms.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Variabel (100%)<br>Written Exam (100 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester<br>The lecture and exam will only be able during summer terms.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. 2018. Reinforcement Learning: An Introduction. A Bradford Book, Cambridge, MA, USA.</li> <li>Bellman, R.E. 1957. Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, NJ. Republished 2003: Dover, ISBN 0-486-42809-5.</li> <li>Csaba Szepesvari and Ronald Brachman and Thomas Dietterich. 2010. Algorithms for Reinforcement Learning. Morgan and Claypool Publishers.</li> <li>Warren B. Powell. 2011. Approximate Dynamic Programming. Wiley.</li> <li>Maxim Lapan. 2020. Deep Reinforcement Learning Hands-On: Apply modern RL methods to practical problems of chatbots, robotics, discrete optimization, web automation, and more, 2nd Edition. Packt Publishing.</li> <li>Dimitri P. Bertsekas. 2017. Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific.</li> <li>Miguel Morales. 2020. grokking Deep Reinforcement Learning. Manning.</li> <li>Laura Graesser and Keng Wah Loon. 2019. Foundations of Deep Reinforcement Learning: Theory and Practice in Python. Addison-Wesley Data &amp; Analytics.</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95280 | <b>Verteilte Systeme</b><br>Distributed systems                                                                                                                                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Tobias Distler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten.</p> <p>Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechengrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren.</p> <p>Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte.</p> <p>Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet. Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung.</li> <li>• untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen.</li> <li>• vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen.</li> <li>• konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung.</li> <li>• entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI.</li> <li>• gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many) für das eigene Fernaufrufsystem.</li> <li>• beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken.</li> <li>• klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv).</li> <li>• vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme.</li> <li>• illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen.</li> <li>• erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren.</li> <li>• unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten.</li> <li>• gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten.</li> <li>• entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks.</li> <li>• bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>• können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Gute Programmierkenntnisse in Java                                                                                                 |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur                                                                                                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                    |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>172338 | <b>Security in Embedded Hardware</b><br>Security in embedded hardware                                                                                                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Joachim Falk<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Der Schutz eingebetteter Systeme gegenüber Angriffe Dritter auf gespeicherte Daten und Implementierungen, stellt eine immer wichtigere, jedoch auch durch zunehmende Vernetzung herausfordernde Aufgabe dar. Der Schutz der eingebetteten Systeme gegenüber bekannten als auch neueren ausgeklügelten Angriffsmöglichkeiten ist Gegenstand dieser Vorlesung. Es wird gezeigt, welche Angriffe existieren, welche Gegenmaßnahmen man ergreifen kann und wie man sichere eingebettete Systeme entwirft.</p> <p>Einleitung und Motivation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Was ist Security?</li> <li>• Die Bedeutung von Security für zuverlässige Systeme</li> <li>• Klassifikation von Angriffen</li> <li>• Entwurf eingebetteter Systeme</li> </ul> <p>Angriffsszenarien</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beispiele von Angriffsszenarien</li> <li>• Kryptographischer Algorithmen als Ziel von Angriffen</li> </ul> <p>Angriffe durch Einschleusen von Code (Code Injection Attacks)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Arten von Code Injection-Angriffe gibt es?</li> <li>• Gegenmaßnahmen</li> </ul> <p>Invasive physikalische Angriffe (Invasive Physical Attacks)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microprobing</li> <li>• Reverse Engineering</li> <li>• Differential Fault Analysis</li> <li>• Gegenmaßnahmen</li> </ul> <p>Nichtinvasive softwarebasierte Angriffe (Non-Invasive Logical Attacks)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlangen von nicht autorisiertem Zugriff</li> <li>• Gegenmaßnahmen</li> </ul> <p>Nichtinvasive physikalische Angriffe (Non-Invasive Physical Attacks)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhören</li> <li>• Seitenkanalangriffe</li> <li>• Gegenmaßnahmen</li> </ul> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden legen die entsprechenden Gegenmaßnahmen dar</li> <li>• Die Studierenden nennen verschiedene Sicherheitseinrichtungen und -maßnahmen in eingebetteten Systemen</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden zeigen den Einfluss von Angriffen und deren Gegenmaßnahmen auf die Verlässlichkeit eines eingebetteten Systems auf</li> <li>Die Studierenden zeigen den zusätzlichen Aufwand (Fläche, Rechenzeit) von Sicherheitseinrichtungen auf</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden klassifizieren verschiedene Angriffstypen auf eingebettete Systeme</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden erarbeiten kooperativ in Gruppen Lösungskonzepte und implementieren diese gemeinsam</li> </ul>  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p><b>Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Catherine H. Gebotys Security in Embedded Devices. Springer 2010.</li> <li>Benoit Badrignans et al. Security Trends for FPGAs. Springer 2011.</li> <li>Daniel Ziener Techniques for Increasing Security and Reliability of IP Cores Embedded in FPGA and ASIC Designs. Dr. Hut 2010.</li> </ul> <p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/security-in-embedded-hardware">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/security-in-embedded-hardware</a></p> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>179490 | <b>Echtzeitsysteme mit erweiterten Übungen</b><br>Real-time systems with extended exercises                                                                                           | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Peter Wägemann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus?</p> <p>In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme</li> <li>• statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren</li> <li>• Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen</li> <li>• Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen</li> </ul> <p>In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems.</li> <li>• bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart).</li> <li>• erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung.</li> <li>• klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem.</li> <li>• interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechensystem zu kontrollierenden Objekts.</li> <li>• nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...).</li> <li>• unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

- skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls.
- entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 an.
- erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle
- ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden.
- erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten.
- unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus).
- benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert).
- erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit).
- unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen).
- beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-.
- vergleiche die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen.
- erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch).
- illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET).
- erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review.
- erproben und konzipieren werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs.
- Entwickeln und annotieren Flußrestriktionen für die statische WCET-Analyse.
- beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode).
- skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit).
- erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorientierter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler).
- unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan) und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb.
- wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an.

- unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).
- nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten).
- erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen.
- beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse).
- implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos.
- unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme.
- erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen).
- vergleiche Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung.
- unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound).
- diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen.
- erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos.
- entwickeln ein softwarebasiertes Oszilloskop und erstellen dessen zeitliche Analyse und Ablaufplanung.
- klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit).
- definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch)
- zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf.
- beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb).
- quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems.
- formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing.
- beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern.
- unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX).
- wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an.
- arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing.
- ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph).
- stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit).

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse.</li> <li>• übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslöszeitpunkt/Termin, Phasenversatz).</li> <li>• konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos.</li> <li>• implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos.</li> <li>• gestalten einen Signal-Trigger für das entwickelte softwarebasierten Oszilloskops.</li> <li>• konzipieren explizite Synchronisation mittels Nachrichten in eCos.</li> <li>• wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an.</li> <li>• beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP).</li> <li>• nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen).</li> <li>• hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten.</li> <li>• bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung.</li> <li>• implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos.</li> <li>• analysieren Blockade für die Zugriffskontrolle in eCos.</li> <li>• erläutern die Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht).</li> <li>• fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen.</li> <li>• können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich.</p> <p>Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Portfolio<br>30-minütige mündliche Prüfung über den gesamten Stoff der Veranstaltung.<br>Teilnahme an den Übungen und die Bearbeitung aller Übungsaufgaben wird hierzu dringend empfohlen!                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Portfolio (100%)<br>Die Modulnote ergibt sich aus der 30-minütigen mündlichen Prüfung.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | Unregelmäßig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997.</li> <li>• Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000.</li> <li>• Wolfgang Schröder-Preikschat. System-programmierung. Vorlesungsfolien. 2006.</li> </ul> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                                |                 |
|---|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>292952 | <b>Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit<br/>erweiterter Übung)</b><br>Hardware-software-co-design (Lecture with extended<br>exercises)                                                   | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine<br>Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für<br>weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot<br>kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                              |                 |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Joachim Falk<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren.</p> <p>Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation.</p> <p>1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen.<br/> 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software<br/> 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung)<br/> 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese)<br/> 5) Verifikation und Cosimulation<br/> 6) Tafelübungen<br/> 7) Demonstrationen mit rechnergestützten Entwurfswerkzeugen und praktische Übungen</p> <p>Content: Numerous realisations of embedded systems (e.g. mobile phones, fax machines, industrial controls) are characterised by cooperating hardware and software components. The popularity of such realisations can be explained by 1) the increasing diversity and complexity of heterogeneous systems, 2) the need to reduce design and testing costs, and 3) advances in key technologies (microelectronics, formal design methods). For example, semiconductor manufacturers</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>offer low-cost ASICs that integrate a microcontroller and user-specific peripherals and data paths on a single chip.</p> <p>However, the synthesis of such systems raises a number of novel design problems, in particular 1) the issue of hardware and software component selection, 2) the partitioning of a specification into hardware and software, 3) the automatic synthesis of interface and communication structures, and 4) verification and cosimulation.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Overview and comparison of architectures and components in hardware/software systems.</li> <li>2) Structure of a compiler and code optimisation procedures for hardware and software.</li> <li>3) Hardware/software partitioning (partitioning of complex systems, estimation procedures, performance analysis, code generation)</li> <li>4) Interface synthesis (communication types, synchronisation, synthesis)</li> <li>5) Verification and cosimulation</li> <li>6) Blackboard exercises</li> <li>7) Demonstrations with computer-aided design tools and practical exercises</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs.</li> <li>• Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen.</li> <li>• Die Studierenden wenden das erlernte Wissen in den erweiterten Übungen vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls an.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden benutzen aktuelle Entwurfswerkzeuge für die Spezifikation, Optimierung und Prototypisierung von Hardware/Software-Systemen bei der kooperativen Bearbeitung der erweiterten Übung in Gruppen.</li> </ul> <p>Competences: Professional competence - Knowledge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students gain insight into a current field of research.</li> </ul> <p>Professional competence - Understanding</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students understand the basics of modern system design.</li> <li>• Students explain implementation alternatives for digital hardware/software systems.</li> </ul> <p>Professional competence - Application</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students apply basic algorithms to analyse and optimise hardware/software systems.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>The students apply the knowledge they have acquired in the extended exercises on site at the computer workstations of the department.</li> </ul> <p>Social competence</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The students use current design tools for the specification, optimisation and prototyping of hardware/software systems in the cooperative processing of the extended exercise in groups.</li> </ul>                                                                                                                                                                                           |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design“ aus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Klausur (90 min) und erfolgreicher Bearbeitung aller Übungsaufgaben in den erweiterten Übungen (verpflichtend, vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls). Die Sprache der Klausur ist abhängig von der Wahl der Studierenden entweder Deutsch oder Englisch.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>Die Modulnote ergibt sich aus der Klausurnote.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p><b>Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6</li> <li>Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319</li> </ul> <p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design</a></p> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>502509 | <b>Hardware-Software-Co-Design</b><br>Hardware-software-co-design                                                                                                                     | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|---|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Joachim Falk<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren.</p> <p>Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation.</p> <p>1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen.<br/> 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software<br/> 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung)<br/> 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese)<br/> 5) Verifikation und Cosimulation<br/> 6) Tafelübungen</p> <p>Content: Numerous realisations of embedded systems (e.g. mobile phones, fax machines, industrial controls) are characterised by cooperating hardware and software components. The popularity of such realisations can be explained by 1) the increasing diversity and complexity of heterogeneous systems, 2) the need to reduce design and testing costs, and 3) advances in key technologies (microelectronics, formal design methods). For example, semiconductor manufacturers offer low-cost ASICs that integrate a microcontroller and user-specific peripherals and data paths on a single chip.</p> <p>However, the synthesis of such systems raises a number of novel design problems, in particular 1) the issue of hardware and software component selection, 2) the partitioning of a specification into hardware</p> |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>and software, 3) the automatic synthesis of interface and communication structures, and 4) verification and cosimulation.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Overview and comparison of architectures and components in hardware/software systems.</li> <li>2) Structure of a compiler and code optimisation procedures for hardware and software.</li> <li>3) Hardware/software partitioning (partitioning of complex systems, estimation procedures, performance analysis, code generation)</li> <li>4) Interface synthesis (communication types, synchronisation, synthesis)</li> <li>5) Verification and cosimulation</li> <li>6) Blackboard exercises</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs.</li> <li>• Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen.</li> </ul> <p>Competences: Professional competence - Knowledge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students gain insight into a current field of research.</li> </ul> <p>Professional competence - Understanding</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students understand the basics of modern system design.</li> <li>• Students explain implementation alternatives for digital hardware/software systems.</li> </ul> <p>Professional competence - Application</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students apply basic algorithms to analyse and optimise hardware/software systems.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit erweiterter Übung)“ aus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <p><b>Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6</li> <li>• Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319</li> </ul> <p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design</a></p> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>532733 | <b>Künstliche Intelligenz II</b><br>Artificial intelligence II                                                                                                                        | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Michael Kohlhasse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere mit Techniken des Schließens unter Unsicherheit, des maschinellen Lernens und der Sprachverarbeitung. Das Modul baut auf dem Modul Künstliche Intelligenz I vom Wintersemester auf und führt dieses weiter.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fach- Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen.</li> <li>- Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben).</li> <li>- Analyse: Die Studierenden lernen über die Modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen.</li> </ul> <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inferenz unter Unsicherheit</li> <li>• Bayessche Netzwerke</li> <li>• Rationale Entscheidungstheorie (MDPs and POMDPs)</li> <li>• Machinnelles Learnend und Neuronale Netzwerke</li> <li>• Verarbeitung Natürlicher Sprache</li> </ul> <p>---</p> <p>This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular reasoning under uncertainty, machine learning and (if there is time) natural language understanding.</p> <p>This course builds on the course Artificial Intelligence I from the preceding winter semester and continues it.</p> <p>Learning Goals and Competencies</p> <p>Technical, Learning, and Method Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI.</li> <li>• Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks ).</li> <li>• Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better.</li> <li>• Social Competences: Students work in small groups to solve the and machine learning challenge/competition.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inference under Uncertainty</li> <li>• Bayesian Networks</li> <li>• Rational Decision Theory (MDPs and POMDPs)</li> <li>• Machine Learning and Neural Networks</li> <li>• Natural Language Processing</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>Es werden 8-12 Übungsaufgaben gestellt, in denen Bonuspunkte gesammelt werden können. Für das Bestehen des Moduls muss nur die 90-minütige schriftliche Klausur bestanden werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Portfolio (90 Minuten)</p> <p>Die Note ergibt sich hauptsächlich aus der 90-minütigen schriftlichen Klausur. Bei Bestehen der Klausur kann die Note um bis zu 10% durch Punkte aus den Übungsaufgaben aufgebessert werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Portfolio (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 90 h</p> <p>Eigenstudium: 135 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> <p>Deutsche Ausgabe:</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage).</p> <p>ISBN: 978-3-8273-7089-1.</p> <p>Literature</p> <p>The course follows the following textbook: Stuart Russell and Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> |

|   |                                   |                                                                         |                 |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>535405 | <b>Künstliche Intelligenz I</b><br>Artificial intelligence I            | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Übung: KI I - Ü (2 SWS)<br>Vorlesung: Artificial Intelligence I (4 SWS) | -<br>7,5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                          | apl. Prof. Dr. Florian Rabe<br>Prof. Dr. Michael Kohlhase               |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Michael Kohlhase                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere formale Wissensrepräsentation, Heuristische Suche, Automatisches Planen und Schliessen unter Unsicherheit.</p> <p>---</p> <p>This module covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen.</li> <li>- Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben).</li> <li>- Analyse: Die Studierenden lernen die über die modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen</li> </ul> <p>*Inhalt*:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agentenmodelle als Grundlage der Künstlichen Intelligenz</li> <li>- Logisches Programmieren in Prolog</li> <li>- Heuristische Suche als Methode zur Problemlösung</li> <li>- Zwei-Agenten-Suche (automatisierung von Brettspielen) mittels heuristischer Suche</li> <li>- Constraint Solving/Propagation</li> <li>- Logische Sprachen für die Wissensrepräsentation</li> <li>- Inferenz and Automatisiertes Theorembeweisen (DPLL-Varianten und PL1)</li> <li>- Classisches Planen</li> <li>- Planen und Agieren in der wirklichen Welt.</li> </ul> <p>---</p> <p>Technical, Learning, and Method Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI.</li> <li>- Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks).</li> <li>- Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better.</li> <li>- Social Competences: Students work in small groups to solve an AI game-play challenge/competition (Kalah).</li> </ul> <p>Contents: Foundations of symbolic AI, in particular:</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agent Models as foundation of AI</li> <li>- Logic Programming in Prolog</li> <li>- Heuristic Search as a method for problem solving</li> <li>- Adversarial Search (automating board games) via heuristic search</li> <li>- Constraint Solving/Propagation</li> <li>- Logical Languages for knowledge representation</li> <li>- Inference and automated theorem proving</li> <li>- Classical Planning</li> <li>- Planning and Acting in the real world.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Es werden 8-12 Übungsaufgaben gestellt, in denen Bonuspunkte gesammelt werden können. Für das Bestehen des Moduls muss nur die 90-minütige schriftliche Klausur bestanden werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>Die Note ergibt sich hauptsächlich aus der 90-minütigen schriftlichen Klausur. Bei Bestehen der Klausur kann die Note um bis zu 10% durch Punkte aus den Übungsaufgaben aufgebessert werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> <p>Deutsche Ausgabe:</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1.</p>                                                                                                                                            |

|   |                                   |                                                                                             |                      |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>636348 | <b>Cyber-Physical Systems</b><br>Cyber-physical systems                                     | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Übung: Übung zu Cyber-Physical Systems (2 SWS)<br>Vorlesung: Cyber-Physical Systems (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                          | Dr.-Ing. Torsten Klie                                                                       |                      |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr.-Ing. Torsten Klie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Klassische Computersysteme zeichnen sich durch eine strikte Trennung von realer und virtueller Welt aus. Moderne Steuerungssysteme, die z.B. in modernen Fahrzeugen verbaut sind und die aus einer Vielzahl von Sensoren und Aktoren bestehen, entsprechen diesem Bild nur sehr eingeschränkt.</p> <p>Diese Systeme, oft "Cyber-Physical Systems (CPS)" genannt, erkennen ihre physische Umgebung, verarbeiten diese Informationen und können die physische Umwelt auch koordiniert beeinflussen. Hierzu ist eine starke Kopplung von physischem Anwendungsmodell und dem Computer-Steuerungsmodell nötig. Im Unterschied zu Eingebetteten Systemen bestehen CPS meist aus vielen vernetzten Komponenten, die sich selbständig untereinander koordinieren.</p> <p>Diese Vorlesung spannt den Bogen von kontrolltheoretischen Grundlagen über Selbstorganisationsprinzipien bis hin zu visionären Anwendungen aus den Bereichen Verkehr und Medizintechnik. Ferner werden Entwurfsmethoden für Cyber-Physical Systems vorgestellt.</p> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden erläutern, was Cyber-Physical Systems sind und auf welchen technologischen Grundlagen sie aufbauen, insbesondere in den Bereichen Regelungstechnik, Ablaufplanung, Kommunikation und Selbstorganisation bewerten CPS in verschiedenen Anwendungsgebieten</p> <p>stellen den Entwurfsprozess von CPS dar, insbesondere die Modellierung und die grundlegende Programmierung entdecken</p> <p>wesentliche Herausforderungen beim Entwurf, Ausbringung und Einsatz von CPS.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Andrea Bondavalli, Sara Bouchenak und Hermann Kopetz (Hrsg.) Cyber-Physical Systems of Systems: Foundations – A Conceptual Model and Some Derivations: The AMADEOS Legacy. Springer 2016.</li> <li>• Otto Föllinger Regelungstechnik. Hüthig 1992.</li> <li>• Hilmar Jaschek und Holger Voos Grundkurs der Regelungstechnik. Oldenbourg 2010.</li> <li>• Jörg Kahlert Crash-Kurs Regelungstechnik. VDE Verlag 2010.</li> <li>• Peter Marwedel Embedded Systems Design – Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things, 4. Auflage. Springer 2021</li> <li>• André Platzner Logic Foundations of Cyber-physical Systems. Springer 2018.</li> <li>• Wolfgang Schneider Praktische Regelungstechnik. Vieweg +Teubner 2008.</li> <li>• Walid M. Taha, Abd-Ehamid M. Taha und Johan Thunberg Cyber-physical Systems – A Model-based Approach. Springer 2021.</li> </ul> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>649073 | <b>Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen)</b><br>Lecture and tutorial: Distributed systems                                                                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Tobias Distler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten.</p> <p>Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechengrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren.</p> <p>Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte.</p> <p>Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet. Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung.</li> <li>• untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen.</li> <li>• vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen.</li> <li>• konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung.</li> <li>• entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI.</li> <li>• gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many) für das eigene Fernaufrufsystem.</li> <li>• beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken.</li> <li>• klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv).</li> <li>• vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme.</li> <li>• illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen.</li> <li>• erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren.</li> <li>• unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten.</li> <li>• gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten.</li> <li>• entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks.</li> <li>• bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>• können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Gute Programmierkenntnisse in Java                                                                                                    |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                           |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Portfolio<br>Erfolgreiche Bearbeitung aller 6 Übungsaufgaben (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und 30-minütige mündliche Prüfung. |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Portfolio (100%)<br>Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                       |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>707303 | <b>Echtzeitsysteme (Vorlesung mit Übungen)</b><br>Real-time systems                                                                                                                   | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Peter Wägemann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus?</p> <p>In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme</li> <li>• statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren</li> <li>• Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen</li> <li>• Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen</li> </ul> <p>In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems.</li> <li>• bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart).</li> <li>• erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung.</li> <li>• klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem.</li> <li>• interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechensystem zu kontrollierenden Objekts.</li> <li>• nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...).</li> <li>• unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

- skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls.
- entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 Microcontroller an.
- erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle
- ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden.
- erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten.
- unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus).
- benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert).
- erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit).
- unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen).
- beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-.
- vergleiche die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen.
- erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch).
- illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET).
- erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review.
- erproben werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs.
- beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode).
- skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit).
- erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorientierter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler).
- unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan) und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb.
- wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an.
- unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).

- nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten).
- erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen.
- beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse).
- implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos.
- unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme.
- erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen).
- vergleiche Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung.
- unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound).
- diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen.
- erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos.
- klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit).
- definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch)
- zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf.
- beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb).
- quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems.
- formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing.
- beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern.
- unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX).
- wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an.
- arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing.
- ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph).
- stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit).
- beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse.
- übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslösezeitpunkt/Termin, Phasenversatz).

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos.</li> <li>• implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos.</li> <li>• wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an.</li> <li>• beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP).</li> <li>• nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen).</li> <li>• hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten.</li> <li>• bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung.</li> <li>• implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos.</li> <li>• erläutern die Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht).</li> <li>• fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen.</li> <li>• können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 1 Regelungstechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Portfolio<br>30-minütige mündliche Prüfung über den gesamten Stoff der Veranstaltung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                         | Teilnahme an den Übungen und die Bearbeitung aller Übungsaufgaben wird hierzu dringend empfohlen!                                                                                                                                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Portfolio (100%)<br>Die Modulnote wird durch eine 30-minütige mündliche Prüfung am Ende des Semesters festgelegt.                                                                                                                                                                                                                              |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | Unregelmäßig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997.</li> <li>• Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000.</li> <li>• Wolfgang Schröder-Preikschat. Softwaresysteme 1. Vorlesungsfolien. 2006.</li> </ul> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>713618 | <b>Computer vision</b>                                                                                                                                                                | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Bernhard Egger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>This lecture discusses important algorithms from the field of computer vision. The emphasis lies on 3-D vision algorithms, covering the geometric foundations of computer vision, and central algorithms such as stereo vision, structure from motion, optical flow, and 3-D multiview reconstruction. Participants of this advanced course are expected to bring experience from prior lectures either from the field of pattern recognition or from the field of computer graphics.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Vorlesung stellt eine Auswahl von Methoden aus dem Gebiet der Computer Vision vor, die in dem Feld eine zentrale Stellung einnehmen. In den Übungen implementieren und evaluieren die Studierenden selbständig diese Methoden. Die Studierenden arbeiten die ganze Zeit über an populären Computer Vision-Methoden wie zum Beispiel Stereosehen, optischer Fluss und 3D-Rekonstruktion aus mehreren Ansichten. Für diese Probleme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Studierenden perspektivische Projektion, Rotationen und verwandte geometrische Grundlagen,</li> <li>• erklären die Studierenden die behandelten Methoden,</li> <li>• diskutieren die Studierenden Vor- und Nachteile verschiedener Modalitäten zur Erfassung von 3D-Informationen,</li> <li>• implementieren die Studierenden einzeln und gemeinschaftlich in Kleingruppen Code,</li> <li>• entdecken die Studierenden optimale Vorgehensweisen in der Datenaufnahme,</li> <li>• erkunden und bewerten die Studierenden unterschiedliche Möglichkeiten für die Evaluation,</li> <li>• diskutieren und präsentieren die Gruppenarbeiter in Gruppen die Vor- und Nachteile ihrer Implementierungen,</li> <li>• diskutieren und reflektieren die Studierenden gesellschaftliche Auswirkungen von Anwendungen des 3D-Rechnersehens.</li> </ul> <p>The lecture introduces computer vision algorithms that are central to the field. In the exercises, participants autonomously implement and evaluate these algorithms. The participants work throughout the time on popular computer vision algorithms, like for example stereo vision, optical flow, and 3-D multiview reconstruction. For these problems, the participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe perspective projection, rotations, and related geometric foundations,</li> <li>• explain the presented methods,</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• discuss the advantages and disadvantages of different modalities for acquiring 3-D information,</li> <li>• implement individually and in small groups code,</li> <li>• discover best practices in data acquisition,</li> <li>• explore and rank different choices for evaluation,</li> <li>• discuss and present in groups the advantages and disadvantages of their implementations,</li> <li>• discuss and reflect the social impact of applications of computer vision algorithms.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel (90 Minuten)<br>Dieses Modul wird mit einer Klausur (90 Minuten) geprüft.<br>The form of examination is a written exam of 90 minutes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Richard Szeliski: "Computer Vision: Algorithms and Applications", Springer 2011.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>740665 | <b>Parallele Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)</b><br>Parallel systems with extended exercises                                                                              | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Joachim Falk<br>Frank Hannig<br>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Aktuelle PCs verfügen über Mehrkernprozessoren und Grafikkarten, die wiederum aus hunderten von einfachen Prozessoren bestehen können. Hierdurch wird ein hohes Maß an nebenläufiger Datenverarbeitung möglich, welche bis vor einigen Jahren nur in Großrechnern erreicht werden konnte. Die effiziente Ausnutzung dieser Parallelität bedarf allerdings mehr als nur mehrerer Prozessoren, insbesondere muss das zu lösende Problem Parallelverarbeitung erlauben. In dieser Vorlesung werden Eigenschaften unterschiedlicher paralleler Rechnerarchitekturen und Metriken zu deren Beurteilung behandelt. Weiterhin werden Modelle und Sprachen zum Programmieren paralleler Rechner eingeführt. Neben der Programmierung von allgemeinen Parallelrechnern werden Entwurfsmethoden (CAD) vorgestellt, wie man ausgehend von einer algorithmischen Problemstellung ein massiv paralleles Rechenfeld in VLSI herleiten kann, das genau dieses Problem optimal parallel berechnet. Solche Schaltungen spielen auf der Bit- bzw. Wortebene eine dominante Rolle (Arithmetik) sowie bei Problemen der Signal- und Bildverarbeitung (z.B. Filter).</p> <p>Im Einzelnen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theorie der Parallelität (parallele Computermodele, parallele Spezifikationsformen und -sprachen, Performanzmodelle und -berechnung)</li> <li>2) Klassifikation paralleler und skalierbarer Rechnerarchitekturen (Multiprozessoren und Multicomputer, Vektorrechner, Datenflussmaschinen, VLSI-Rechenfelder)</li> <li>3) Programmierbare System-on-Chip (SoC) und Mehrkern-Architekturen (Grafik-Prozessoren, Cell, etc.)</li> <li>4) Programmierung paralleler Rechner (Sprachen und Modelle, Entwurfsmethoden und Compiler, Optimierung)</li> <li>5) Massive Parallelität: Vom Algorithmus zur Schaltung</li> <li>6) Praktische Übungen mit rechnergestützten Werkzeugen</li> </ol> <p><i>Today's PCs consist of multi-core processors and graphics cards that again comprise hundreds to thousands of simple processors. As a result of this, a very high degree of parallel data processing becomes possible, which was subjected to supercomputers a couple of years ago. The efficient exploitation of parallel processing requires not only multiple processors but also parallelism inherent in the problem to</i></p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>be solved. In this lecture, properties of different parallel computer architectures and corresponding quality metrics are examined. Further, models and parallel programming languages are introduced. In addition to programming general parallel computers, design methods (CAD) are presented that systematically transform an algorithmic problem description into a massive parallel processor array (VLSI), which can optimally execute the given problem in parallel. Such highly parallel circuits play an essential role at the bit level and circuit level (arithmetics) as well as in the case of signal processing and image processing (e.g., filter).</p> <p>In detail, the following topics are covered:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theory of parallelism (parallel models of computation, parallel specification and parallel languages, performance models)</li> <li>2) Classification of parallel and scalable computer architectures (multi-processors and multi-computers, vector computers, data-flow machines, VLSI processor arrays)</li> <li>3) Programmable System-on-Chip (SoC) and multi-core architectures (graphics processors, Cell, etc.)</li> <li>4) Programming of parallel computers (languages and models, design methods and compiler, optimization)</li> <li>5) Massive parallelism: From algorithm to circuit</li> <li>6) Practical training with computer-aided design tools</li> </ol>                                                          |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung.</p> <p><i>The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</i></p> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte der parallelen Datenverarbeitung, sowohl theoretischer Art anhand von Modellen, als auch an Architekturbeispielen. The students become familiar with the fundamentals of parallel data processing, theoretic in the form of models as well as by architecture examples.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden setzen sich mit modernen eingebetteten parallelen Ein-Chip-Architekturen auseinander. The students get familiar with modern embedded parallel system-on-chip architectures.</li> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Performanzmodelle und Parallelisierungstechniken zur Analyse und Optimierung von parallelen Algorithmen und Architekturen an. The students exercise basic performance models and parallelization techniques for the analysis and optimization of parallel algorithms and architectures.</li> <li>• Die Studierenden setzen die Modellierung und den Entwurf von massiv-parallelen Prozessorfeldern in konkreten Aufgaben selbstständig um. In concrete tasks, the students apply independently the modeling and the design of massively parallel processors arrays.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden wenden das erlernte Wissen in den erweiterten Übungen vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls an. The students apply their learned knowledge in hands-on computer exercises on-site at the chair's computer workstations.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Parallele Systeme“ aus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (90 Minuten)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung und erfolgreiche Bearbeitung aller Übungsaufgaben in den erweiterten Übungen (verpflichtend, vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls).</li> <li>Ein Wechsel der Prüfungsform von einer Klausur zu einer mündlichen Prüfung ist in Ausnahmefällen (siehe § 16 ABMPO/TechFak) auch nach Semesterbeginn noch möglich. In diesem Fall werden die Studierenden spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn informiert.</li> <li>Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch. Die Unterrichts- und Prüfungssprache hängt von den Sprachkenntnissen und Präferenzen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ab und wird dementsprechend innerhalb der ersten zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn festgelegt.</li> </ul> |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | <p>Klausur (100%)</p> <p>Die Modulnote ergibt sich aus der Prüfungsleistung.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 90 h</p> <p>Eigenstudium: 135 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Weitere Informationen:</p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>743260 | <b>Verteilte Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)</b><br>Distributed systems (lecture with extended exercises)                                                                 | <b>7,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Tobias Distler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten.</p> <p>Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechengrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren.</p> <p>Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte.</p> <p>Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet. Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung.</li> <li>• untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen.</li> <li>• vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen.</li> <li>• konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung.</li> <li>• entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI.</li> <li>• bewerten die Serialisierungsroutinen von Java RMI.</li> <li>• erproben die manuelle Serialisierung von Nachrichten.</li> <li>• bewerten die Performanz des eigenen Fernaufrufsystems.</li> <li>• gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many, At-Most-Once) für das eigene Fernaufrufsystem.</li> <li>• beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken.</li> <li>• klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv).</li> <li>• vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme.</li> <li>• illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen.</li> <li>• erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren.</li> <li>• unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten.</li> <li>• gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten.</li> <li>• entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks.</li> <li>• bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>• können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> </ul>                                        |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Gute Programmierkenntnisse in Java                                                                                                                               |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Portfolio<br>Erfolgreiche Bearbeitung aller 6 Übungsaufgaben zu den erweiterten Übungen (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und 30-minütige mündliche Prüfung. |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Portfolio (100%)<br>Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 135 h                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                  |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |               |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>876012 | <b>Verlässliche Echtzeitsysteme (Vorlesung mit Übungen)</b><br>Dependable real-time systems (lecture with exercises)                                                                                                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Übung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme - Übungen (2 SWS)<br>Vorlesung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme (2 SWS)<br>Übung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme - Rechnerübungen (2 SWS) | -<br>-<br>-   |
| 3 | Lehrende                          | Eva Dengler<br>Peter Wägemann                                                                                                                                                                                                        |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Peter Wägemann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Viele Echtzeitsysteme sind in Bereiche des täglichen Lebens eingebettete, die hohe Anforderungen an die funktionale Sicherheit dieser Systeme stellen. Beispiele hierfür sind Fahrerassistenzsysteme in modernen Automobilen, medizinische Geräte, Prozessanlagen in Kernkraftwerken oder Chemiefabriken oder Flugzeuge. Fehlfunktionen in diesen Anwendungen ziehen mitunter katastrophale Konsequenzen nach sich - Menschen können ernsthaft verletzt oder sogar getötet werden, Landstriche können unbewohnbar gemacht oder zumindest großer finanzieller Schaden verursacht werden.</p> <p>Dieses Modul betrachtet Methoden und Werkzeuge, die uns helfen können, einerseits *zuverlässig Software zu entwickeln* (also Fehler im Programm zu entdecken und zu vermeiden), und andererseits *zuverlässige Software zu entwickeln* (also Abstraktionen, die auch im Fehlerfall ihre Gültigkeit behalten). Hierbei steht weniger die Vermittlung theoretischer Grundkenntnisse auf diesen Gebieten im Vordergrund, also vielmehr</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die praktische Anwendung existierende Werkzeuge und Methoden</li> <li>• sowie die Erfahrung und das Verständnis ihrer Grenzen.</li> </ul> <p>Auf diese Weise soll ein Fundament für die konstruktive Umsetzung verlässlicher Echtzeitsysteme gelegt werden. Dieses Modul soll daher fundierte Anknüpfungspunkte für die Entwicklung verlässlicher Echtzeitsysteme vermitteln, die Ad-hoc-Techniken möglichst ersetzen sollen.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Konzepte und die Taxonomie verlässlicher Systeme, unterscheiden Software- und Hardwarefehler und klassifizieren Fehler (Defekt, Fehler, Fehlverhalten).</li> <li>• stellen Fehlerbäume auf.</li> <li>• organisieren Softwareentwicklungsprojekte mittels der Versionsverwaltung git.</li> <li>• vergleichen die verschiedenen Arten der Redundanz als Grundvoraussetzung für Fehlererkennung und -toleranz.</li> <li>• entwickeln fehlertolerante Systeme mittels Replikation.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

- diskutieren die Fehlerhypothese und die Sicherstellung von Replikdeterminismus.
- erläutern die Vor- und Nachteile softwarebasierter Replikation und den Einsatz von Diversität.
- wenden Informationsredundanz zur Härtung von Daten- und Kontrollflüssen an.
- bewerten die Effektivität der arithmetischer Codierung von Programmen und verallgemeinern diesen Ansatz auf die verschiedenen Implementierungsebenen (Maschinenprogramm zu Prozessinkarnation).
- interpretieren den Einfluss der Ausführungsplattform (Hardware, Betriebssystem) auf die Leistungsfähigkeit der Fehlererkennung.
- konzipieren eine fehlertolerante Ausführungsumgebung für ein softwarebasiertes TMR-System basierend auf ANBD-Codierung.
- nennen die Grundlagen der systematischen Fehlerinjektion.
- überprüfen die Wirksamkeit von Fehlertoleranzmechanismen mittels Fehlerinjektion auf der Befehlssatzebene.
- entwickeln Testfälle für die Fehlerinjektion mittels des fail\*\* Werkzeugs.
- setzen Messergebnisse in Relation zu dem tatsächlichen Fehlerraum.
- beschreiben die Grundlagen der Fehlererholung (Vorwärts- bzw. Rückwärtskorrektur) und Reintegration fehlgeschlagener Knoten.
- vergleichen den Zustandstransfer am Beispiel der Running bzw. Recursive State Restoration.
- benennen Konzepte der Rückwärtskorrektur durch Entwurfalternativen (Recovery Blocks).
- fassen die Grundlagen des dynamischen Testens zusammen.
- unterscheiden Black-Box und White-Box Testverfahren.
- konzipieren und implementieren Testfälle.
- überprüfen die Testüberdeckung anhand grundlegender Überdeckungskriterien (Anweisungs- bis Bedingungsüberdeckung).
- geben die Grundlagen der statischen Programmanalyse wieder.
- nennen die Funktionsweise von Hoare- WP-Kalkül.
- verifizieren eine Ampelsteuerung mittels des FramaC Werkzeugs zur statischen Analyse von C Programmen.
- beschreiben den Korrektheitsnachweis mittels abstrakter Interpretation und unterscheiden die konkrete von der abstrakten Programmsemantik.
- erläutern die Funktionsweise von Sammel- und Präfixsemantiken.
- erstellen einen Korrektheitsbeweis für einen a-b-Filter mittels des Astrée Werkzeugs zur abstrakten Interpretation von C Programmen.

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten die Verlässlichkeit kommerzieller, sicherheitskritischer Systeme anhand von Fallstudien (Sizewell B, Airbus A320).</li> <li>• erschließen sich typische Probleme und Fehlerquellen bei der Programmierung von eingebetteten Systemen im Allgemeinen.</li> <li>• klassifizieren Fallstricke und Mehrdeutigkeiten in der Programmiersprache C99 im Besonderen.</li> <li>• können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein.</p> <p>Weiterhin sind grundlegende Kenntnisse über Echtzeitsysteme eine, zum Beispiel durch den Besuch der Veranstaltung "Echtzeitsysteme", empfohlen.</p> <p>Eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang jedoch nicht.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Portfolio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Portfolio (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | Unregelmäßig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|   |                                   |                                                                                                                                                            |                      |
|---|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>901895 | <b>Deep Learning</b><br>Deep learning                                                                                                                      | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Vorlesung: Deep Learning (2 SWS)<br>Übung: DL E (All exercise-related information will only be in the Deep Learning StudOn course link, not here!) (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                          | Dr.-Ing. Vincent Christlein<br>Alexander Barnhill<br>Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier<br>Zijin Yang<br>Leonhard Rist                                           |                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Deep Learning (DL) has attracted much interest in a wide range of applications such as image recognition, speech recognition and artificial intelligence, both from academia and industry.</p> <p>This lecture introduces the core elements of neural networks and deep learning, it comprises:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (multilayer) perceptron, backpropagation, fully connected neural networks</li> <li>• loss functions and optimization strategies</li> <li>• convolutional neural networks (CNNs)</li> <li>• activation functions</li> <li>• regularization strategies</li> <li>• common practices for training and evaluating neural networks</li> <li>• visualization of networks and results</li> <li>• common architectures, such as LeNet, Alexnet, VGG, GoogleNet</li> <li>• recurrent neural networks (RNN, TBPTT, LSTM, GRU)</li> <li>• deep reinforcement learning</li> <li>• unsupervised learning (autoencoder, RBM, DBM, VAE)</li> <li>• generative adversarial networks (GANs)</li> <li>• weakly supervised learning</li> <li>• applications of deep learning (segmentation, object detection, speech recognition, ...)</li> </ul> <p>The accompanying exercises will provide a deeper understanding of the workings and architecture of neural networks.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the different neural network components,</li> <li>• compare and analyze methods for optimization and regularization of neural networks,</li> <li>• compare and analyze different CNN architectures,</li> <li>• explain deep learning techniques for unsupervised / semi-supervised and weakly supervised learning,</li> <li>• explain deep reinforcement learning,</li> <li>• explain different deep learning applications,</li> <li>• implement the presented methods in Python,</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomously design deep learning techniques and prototypically implement them,</li> <li>• effectively investigate raw data, intermediate results and results of Deep Learning techniques on a computer,</li> <li>• autonomously supplement the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature,</li> <li>• discuss the social impact of applications of deep learning applications.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 6 Informatik / Eingebettete Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br>Written exam, 90 min.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016.</li> <li>• Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006</li> <li>• Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton: Deep learning. Nature 521, 436444 (28 May 2015)</li> </ul>                                                                                                                             |

# 7 Technische Mechanik

|   |                                  |                                                                                                                                                                                   |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>44260 | <b>Nichtlineare Finite Elemente / Nonlinear Finite Elements</b><br>Nonlinear finite elements                                                                                      | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zu Nichtlineare Finite Elemente / Nonlinear Finite Elements - Exercises (2 SWS)<br><br>Vorlesung: Nichtlineare Finite Elemente / Nonlinear Finite Elements (2 SWS) | -<br><br>-    |
| 3 | Lehrende                         | Dominic Soldner<br>apl. Prof. Dr. Julia Mergheim                                                                                                                                  |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | apl. Prof. Dr. Julia Mergheim<br>Dr.-Ing. Gunnar Possart                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der nichtlinearen Kontinuumsmechanik</li> <li>geometrische und materielle Nichtlinearitäten</li> <li>Herleitung und Diskretisierung der schwachen Form in materieller und räumlicher Darstellung</li> <li>konsistente Linearisierung</li> <li>iterative Lösungsverfahren für nichtlineare Probleme</li> <li>Lösungsverfahren für transiente Probleme</li> <li>diskontinuierliche Finite Elemente</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>Basic concepts in nonlinear continuum mechanics</li> <li>Geometric and material nonlinearities</li> <li>Derivation and discretization of the weak form in the material and spatial configuration</li> <li>Consistent linearization</li> <li>Iterative solution methods for nonlinear problems</li> <li>Solution methods for transient problems</li> <li>Discontinuous finite elements</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>sind vertraut mit der grundlegenden Idee der nichtlinearen Finiten Element Methode</li> <li>können nichtlineare Probleme der Kontinuumsmechanik modellieren</li> <li>kennen geeignete Lösungsverfahren für nichtlineare Problemstellungen</li> <li>kennen geeignete Lösungsverfahren für transiente Probleme</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>are familiar with the basic concept of the finite element method</li> <li>are able to model nonlinear problems in continuum mechanics</li> <li>are familiar with solution algorithms for nonlinear problems</li> <li>are familiar with solution methods for transient problems</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen: Grundkenntnisse in "Kontinuumsmechanik" und der "Methode der Finiten Elemente"</p> <p>Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.</p> <p>We will communicate all information about the lecture schedule via the StudOn course. Therefore, we ask you to enroll at <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a>.</p> <p>The entry is not password-protected, as usual, but takes place after confirmation by the lecturer. The acceptance may not happen immediately, but in time for the first class. We ask for your understanding.</p> <p><b><u>Organisatorisches:</u></b></p> <p>Der Prüfer legt die Unterrichts- und Prüfungssprache in der ersten Lehrveranstaltung nach Rücksprache mit den Studierenden fest.</p> <p>The examiner determines the language of instruction and examination in the first lecture after consultation with the students.</p> |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (60 Minuten)</p> <p>Nichtlineare Finite Elemente / Nonlinear Finite Elements (Prüfungsnummer: 42601)</p> <p>Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60, benotet</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wriggers: Nichtlineare Finite Element Methoden, Springer 2001</li> <li>• Crisfield: Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Wiley, 2003</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92860 | <b>Computational multibody dynamics</b>                                                                                                                                               | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Dr.-Ing. Giuseppe Capobianco                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projected Newton-Euler equations (Kane's equations)</li> <li>• Numerical methods for ordinary differential equations</li> <li>• Relative kinematics and recursive kinematic algorithm</li> <li>• Parametrization of rotations</li> <li>• One-dimensional force laws</li> <li>• Inverse kinematics and inverse dynamics</li> <li>• Ideal constraints</li> <li>• Numerical methods for differential algebraic equations</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>The students will:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• implement a modular simulation software for multibody systems in Python during the exercise classes.</li> </ul> <p>The students should:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn how to derive the equations of motions of a multibody system using the projected Newton-Euler equations,</li> <li>• familiarize themselves with basic numerical methods for solving ODEs,</li> <li>• be able to use ODE-solver for the numerical solution of the equations of motion,</li> <li>• know how to describe a multibody system by choosing relative joint coordinates,</li> <li>• implement new joints in the software developed during the course,</li> <li>• understand how kinematic and dynamic quantities of a multibody system can be computed recursively,</li> <li>• know different possible parametrizations of rotations,</li> <li>• can use different parametrizations of rotations to describe and implement the free rigid body and spherical joints,</li> <li>• understand the concept of one-dimensional force law to model force interactions and motors,</li> <li>• know and implement different approaches to inverse kinematics and inverse dynamics based on optimization,</li> <li>• know Lagranges equations of the first kind</li> <li>• be able to describe a multibody system with redundant coordinates by modeling joints as ideal constraints</li> <li>• implement new constraints in the software developed during the course,</li> <li>• familiarize themselves with numerical schemes for the simulation of constrained multibody systems,</li> </ul> |  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>understand the object-oriented code structure for the implementation of a simulation software for multibody systems,</li> <li>be able to perform simulations of multibody systems with the software developed during the course</li> </ul>                         |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>recommended: knowledge of the module "dynamics of rigid bodies" ("Dynamik starrer Körper")</p> <p>recommended basic knowledge of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>dynamical equations of motion</li> <li>linear vector algebra</li> <li>programming in Python, Matlab or similar</li> </ul> |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94550 | <b>Methode der Finiten Elemente</b><br>Finite element methods                                                                                                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Kai Willner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Modellbildung und Simulation</p> <p>Mechanische und mathematische Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Prinzip der virtuellen Verschiebungen</li> <li>• Die Methode der gewichteten Residuen</li> </ul> <p>Allgemeine Formulierung der FEM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formfunktionen</li> <li>• Elemente für Stab- und Balkenprobleme</li> <li>• Locking-Effekte</li> <li>• Isoparametrisches Konzept</li> <li>• Scheiben- und Volumenelemente</li> </ul> <p>Numerische Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Numerische Quadratur</li> <li>• Assemblierung und Einbau von Randbedingungen</li> <li>• Lösen des linearen Gleichungssystems</li> <li>• Lösen des Eigenwertproblems</li> <li>• Zeitschrittintegration</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen verschiedene Diskretisierungsverfahren zur Behandlung kontinuierlicher Systeme.</li> <li>• Die Studierenden kennen das prinzipielle Vorgehen bei der Diskretisierung eines mechanischen Problems mit der Methode der finiten Elementen und die entsprechenden Fachtermini wie Knoten, Elemente, Freiheitsgrade etc.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Verschiebungsdifferentialgleichungen für verschiedene Strukturelemente wie Stäbe, Balken, Scheiben und das 3D-Kontinuum.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Methode der gewichteten Residuen in verschiedenen Varianten.</li> <li>• Die Studierenden kennen das Prinzip der virtuellen Arbeiten in den verschiedenen Ausprägungen fuer Stäbe, Balken, Scheiben und das 3D-Kontinuum.</li> <li>• Die Studierenden kennen verschiedene Randbedingungstypen und ihre Behandlung im Rahmen der Methode der gewichteten Residuen bzw. des Prinzips der virtuellen Verschiebungen.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Ansatz- und Wichtungsfunktionen und können die gängigen Formfunktionen für verschiedene Elementtypen angeben.</li> </ul> |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen das isoparametrische Konzept.</li> <li>• Die Studierenden kennen Verfahren zur numerischen Quadratur.</li> <li>• Die Studierenden kennen Verfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme, zur Lösung von Eigenwertproblemen und zur numerischen Zeitschrittintegration.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen der Methode der gewichteten Residuen und dem Prinzip der virtuellen Arbeiten bei mechanischen Problemen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen Schubstarrer und Schubweicher Balkentheorie sowie die daraus resultierenden unterschiedlichen Anforderungen an die Ansatzfunktionen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen das Problem der Schubversteifung.</li> <li>• Die Studierenden können das isoparametrische Konzept erläutern, die daraus resultierende Notwendigkeit numerischer Quadraturverfahren zur Integration der Elementmatrizen und das Konzept der zuverlässigen Integration erklären.</li> <li>• Die Studierenden können den Unterschied zwischen Lagrange- und Serendipity-Elementen sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile erläutern.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können ein gegebenes Problem geeignet diskretisieren, die notwendigen Indextafeln aufstellen und die Elementmatrizen zu Systemmatrizen assemblieren.</li> <li>• Die Studierenden können die Randbedingungen eintragen und das Gesamtsystem entsprechend partitionieren.</li> <li>• Die Studierenden können polynomiale Formfunktionen vom Lagrange-, Serendipity- und Hermite-Typ konstruieren.</li> <li>• Die Studierenden können für die bekannten Elementtypen die Elementmatrizen auf analytischen bzw. numerischen Weg berechnen.</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können für eine gegebene, lineare Differentialgleichung die schwache Form aufstellen, geeignete Formfunktionen auswählen und eine entsprechende Finite-Elemente-Formulierung aufstellen.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                          |                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 60 h                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knothe, Wessels: Finite Elemente, Berlin:Springer</li> <li>• Hughes: The Finite Element Method, Mineola:Dover</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97130 | <b>Lineare Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics</b><br>Linear continuum mechanics                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>5 ECTS</b>    |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Tutorium: Tutorium zur Linearen Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics - Tutorials (2 SWS)<br>Vorlesung: Lineare Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics (2 SWS)<br>Übung: Übungen zur Linearen Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics - Exercises (2 SWS)<br>Sonstige Lehrveranstaltung: Tutoreneinführung zur Linearen Kontinuumsmechanik (2 SWS) | -<br>-<br>-<br>- |
| 3 | Lehrende                         | Markus Mehnert<br>Dominic Soldner<br>Prof. Dr.-Ing. Paul Steinmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Paul Steinmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Grundlagen der geometrisch linearen Kontinuumsmechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrisch lineare Kinematik</li> <li>• Spannungen</li> <li>• Bilanzsätze</li> </ul> <p>Anwendung auf elastische Problemstellungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialbeschreibung</li> <li>• Variationsprinzip</li> </ul> <p>Contents</p> <p>Basic concepts in linear continuum mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematics</li> <li>• Stress tensor</li> <li>• Balance equations</li> </ul> <p>Application in elasticity theory</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitutive equations</li> <li>• Variational formulation</li> </ul>                                                                           |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen das Tensorkalkül in kartesischen Koordinaten</li> <li>• verstehen und beherrschen die geometrisch lineare Kontinuumskinematik</li> <li>• verstehen und beherrschen geometrisch lineare Kontinuumsbilanzaussagen</li> <li>• verstehen und beherrschen geometrisch lineare, thermoelastische Kontinuumsstoffgesetze</li> <li>• verstehen und beherrschen den Übergang zur geometrisch linearen FEM</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• master tensor calculus in cartesian coordinates</li> <li>• understand and master geometrically linear continuum kinematics</li> <li>• understand and master geometrically linear continuum balance equations</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>understand and master geometrically linear, thermoelastic material laws</li> <li>understand and master the transition to geometrically linear FEM</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen: Kenntnisse aus dem Modul "Statik, Elastostatik und Festigkeitslehre"</p> <p>Organisatorisches:<br/> Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.<br/> We will communicate all information about the lecture schedule via the StudOn course. Therefore, we ask you to enroll at <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a>.<br/> The entry is not password-protected, as usual, but takes place after confirmation by the lecturer. The acceptance may not happen immediately, but in time for the first class. We ask for your understanding.</p> |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)<br><br>Lineare Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics (Prüfungsnummer: 71301)<br><br>Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90 Prüfungssprache: Deutsch und Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 90 h<br>Eigenstudium: 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Malvern: Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, Prentice-Hall 1969</li> <li>Gurtin: An Introduction to Continuum Mechanics, Academic Press 1981</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

- |  |                                                                                                                                                                                                                      |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Bonet, Wood: Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge University Press 1997</li><li>• Holzapfel: Nonlinear Solid Mechanics, Wiley 2000</li></ul> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97190 | <b>Technische Schwingungslehre</b><br>Mechanical vibrations                                                                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Kai Willner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Charakterisierung von Schwingungen</p> <p>Mechanische und mathematische Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsgleichungen</li> <li>• Darstellung im Zustandsraum</li> </ul> <p>Allgemeine Lösung zeitinvarianter Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfangswertproblem</li> <li>• Fundamentalmatrix</li> <li>• Eigenwertaufgabe</li> </ul> <p>Freie Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenwerte und Wurzelortskurven</li> <li>• Zeitverhalten und Phasenportraits</li> <li>• Stabilität</li> </ul> <p>Erzwungene Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprung- und Impulserregung</li> <li>• harmonische und periodische Erregung</li> <li>• Resonanz und Tilgung</li> </ul> <p>Parametererregte Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodisch zeitinvariante Systeme</li> </ul> <p>Experimentelle Modalanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Übertragungsfunktionen</li> <li>• Bestimmung der modalen Parameter</li> <li>• Bestimmung der Eigenmoden</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen verschiedene Methoden die Bewegungsdifferentialgleichungen diskreter Systeme aufzustellen.</li> <li>• Die Studierenden kennen verschiedene Schwingungsarten und Schwingertypen.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Lösung für die freie Schwingung eines linearen Systems mit einem Freiheitsgrad und die entsprechenden charakteristischen Größen wie Eigenfrequenz und Dämpfungsmaß.</li> <li>• Die Studierenden kennen eine Reihe von analytischen Lösungen des linearen Schwingers mit einem Freiheitsgrad für spezielle Anregungen.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Darstellung eines Systems in physikalischer Darstellung und in Zustandsform.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

- Die Studierenden kennen die Darstellung der allgemeinen Lösung eines linearen Systems mit mehreren Freiheitsgraden in Zustandsform.
- Die Studierenden kennen das Verfahren der modalen Reduktion.
- Die Studierenden kennen Verfahren zur numerischen Zeitschrittintegration bei beliebiger Anregung.
- Die Studierenden kennen die Definition der Stabilität für lineare Systeme.

#### Verstehen

- Die Studierenden können ein gegebenes diskretes Schwingungssystem anhand des zugrundeliegenden Differentialgleichungssystems einordnen und klassifizieren.
- Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen der physikalischen Darstellung und der Zustandsdarstellung und können die Vor- und Nachteile der beiden Darstellungen beschreiben.
- Die Studierenden verstehen die Bedeutung der Fundamentalmatrix und können diese physikalisch interpretieren.
- Die Studierenden verstehen die Idee der modalen Reduktion und können ihre Bedeutung bei der Lösung von Systemen mit mehreren Freiheitsgraden erläutern.
- Die Studierenden können den Stabilitätsbegriff für lineare Systeme erläutern.

#### Anwenden

- Die Studierenden können die Bewegungsdifferentialgleichungen eines diskreten Schwingungssystems auf verschiedenen Wegen aufstellen
- Die Studierenden können die entsprechende Zustandsdarstellung aufstellen.
- Die Studierenden können für einfache lineare Systeme die Eigenwerte und Eigenvektoren von Hand ermitteln und kennen numerische Verfahren zur Ermittlung der Eigenwerte und -vektoren bei großen Systemen.
- Die Studierenden können aus den Eigenwerten und -vektoren die Fundamentalmatrix bestimmen und für gegebene Anfangsbedingungen die Lösung des freien Systems bestimmen.
- Die Studierenden können ein lineares System mit mehreren Freiheitsgraden modal reduzieren.
- Die Studierenden können die analytische Lösung eines Systems mit einem Freiheitsgrad für eine geeignete Anregung von Hand bestimmen und damit die Lösung im Zeitbereich und in der Phasendarstellung darstellen.

#### Analysieren

- Die Studierenden können problemgerecht zwischen physikalischer Darstellung und Zustandsdarstellung wählen und die entsprechenden Verfahren zur Bestimmung der

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>Eigenlösung und gegebenenfalls der partikulären Lösung einsetzen.</p> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können anhand der Eigenwerte bzw. der Wurzelorte das prinzipielle Lösungsverhalten eines linearen Schwingungssystems beurteilen und Aussagen über die Stabilität eines Systems treffen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen: Kenntnisse aus dem Modul "Dynamik starrer Körper"</p> <p>Organisatorisches:</p> <p>Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.</p> <p>We will communicate all information about the lecture schedule via the StudOn course. Therefore, we ask you to enroll at <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a>.</p> <p>The entry is not password-protected, as usual, but takes place after confirmation by the lecturer. The acceptance may not happen immediately, but in time for the first class. We ask for your understanding.</p> |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Technische Schwingungslehre (Prüfungsnummer: 71901)</p> <p>Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90, benotet</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 90 h</p> <p>Eigenstudium: 60 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Magnus, Popp: Schwingungen, Stuttgart:Teubner 2005                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97260 | <b>Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear Continuum Mechanics</b><br>Nonlinear continuum mechanics                                                                               | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Paul Steinmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Kinematics</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Displacement and deformation gradient</li> <li>• Field variables and material (time) derivatives</li> <li>• Lagrangian and Eulerian framework</li> </ul> <p>Balance equations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stress tensors in the reference and the current configuration</li> <li>• Derivation of balance equations</li> </ul> <p>Constitutive equations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic requirements, frame indifference</li> <li>• Elastic material behaviour, Neo-Hooke</li> </ul> <p>Variational formulation and solution by the finite element method</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linearization</li> <li>• Discretization</li> <li>• Newton method</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnis über Feldgrößen (Deformation, Verschiebungen, Verzerrungen und Spannungen) als orts- und zeitabhängige Größen im geometrisch nichtlinearen Kontinuum.</li> <li>• verstehen die Zusammenhänge zwischen der Lagrange'schen und Euler'schen Darstellung der kinematischen Beziehungen und Bilanzgleichungen.</li> <li>• können die konstitutiven Gleichungen für elastisches Materialverhalten auf Grundlage thermodynamischer Betrachtungen ableiten.</li> <li>• können die vorgestellten Theorien im Rahmen der finiten Elementmethode für praktische Anwendungen reflektieren.</li> </ul> <p><b>*Objectives*</b></p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• obtain profound knowledge on the description of field variables in non-linear continuum theory</li> <li>• know the relation/transformation between the Lagrangian and the Eulerian framework</li> <li>• are able to derive constitutive equations for elastic materials on the basis of thermodynamic assumptions</li> <li>• are familiar with the basic concept of variational formulations and how to solve them within a finite element framework</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen: Kenntnisse aus den Modulen "Statik, Elastostatik und Festigkeitslehre" und "Lineare Kontinuumsmechanik"</p> <p>Organisatorisches:<br/> Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.<br/> We will communicate all information about the lecture schedule via the StudOn course. Therefore, we ask you to enroll at <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a>.<br/> The entry is not password-protected, as usual, but takes place after confirmation by the lecturer. The acceptance may not happen immediately, but in time for the first class. We ask for your understanding.</p> <p>Organisatorisches:<br/> Der Prüfer legt die Unterrichts- und Prüfungssprache in der ersten Lehrveranstaltung nach Rücksprache mit den Studierenden fest.<br/> The examiner determines the language of instruction and examination in the first lecture after consultation with the students.</p> |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear Continuum Mechanics (Prüfungsnummer: 72601)</p> <p>Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90, benotet</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betten: Kontinuumsmechanik, Berlin:Springer 1993</li> <li>• Altenbach, Altenbach: Einführung in die Kontinuumsmechanik, Stuttgart:Teubner 1994</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|   |                                  |                                                                                                                                              |               |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97265 | <b>Numerische und experimentelle Modalanalyse</b><br>Numerical and experimental modal analysis                                               | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zur Numerischen und Experimentellen Modalanalyse (2 SWS)<br><br>Vorlesung: Numerische und Experimentelle Modalanalyse (2 SWS) | -<br><br>-    |
| 3 | Lehrende                         | Özge Akar<br>Prof. Dr.-Ing. Kai Willner                                                                                                      |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Kai Willner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Numerische Modalanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Numerische Lösung des Eigenwertproblems</li> <li>Modale Reduktion</li> <li>Dämpfungs-, Massen- und Punktmassenmatrizen</li> <li>Lösung der Bewegungsgleichungen, Zeitschrittintegration</li> </ul> <p>*Experimentelle Modalanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der Signalanalyse: Fourier-Transformation, Aliasing, Leakage</li> <li>Experimentelle Analyse im Zeit- und Frequenzbereich</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die analytische Lösung für die freie Schwingung einfacher Kontinua wie Stab und Balken.</li> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Verfahren zur Lösung des Eigenwertproblems.</li> <li>Die Studierenden kennen die Methode der modalen Reduktion.</li> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Möglichkeiten der Dämpfungsbeschreibung.</li> <li>Die Studierenden kennen den Unterschied zwischen der konsistenten Massenmodellierung und Punktmassen.</li> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Verfahren zur Zeitschrittintegration.</li> <li>Die Studierenden kennen die Grundlagen der Signalanalyse im Frequenzbereich auf der Basis der Fouriertransformation.</li> <li>Die Studierenden kennen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der numerischen und experimentellen Modalanalyse.</li> <li>Die Studierenden kennen die prinzipielle Vorgehensweise bei der experimentellen Modalanalyse sowie die entsprechenden Fachtermini.</li> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Messaufnehmer und Anregungsverfahren.</li> <li>Die Studierenden kennen die verschiedenen Übertragungsfrequenzgänge und Verfahren zur Bestimmung der modalen Parameter.</li> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Verfahren zur Überprüfung der Linearität eines Systems.</li> </ul> <p>Verstehen</p> |

- Die Studierenden können die Probleme bei der numerischen Dämpfungsmodellierung erläutern.
- Die Studierenden können die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Massenmodellierungen erklären sowie den Einfluss auf die Eigenwerte bei verschiedenen Elementtypen erläutern.
- Die Studierenden verstehen das Shannonsche Abtasttheorem und können damit den Einfluss von Abtastauflösung und Abtastlänge auf das Ergebnis der diskreten Fouriertransformation erläutern.
- Die Studierenden können die Probleme des Aliasing und des Leakage erklären und Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduktion dieser Fehler erläutern.
- Die Studierenden verstehen den Einfluß verschiedener Lagerungs- und Anregungsarten der zu untersuchenden Struktur auf das Messergebnis.
- Die Studierenden verstehen den Zusammenhang der verschiedenen Übertragungsfrequenzgänge und können diesen zum Beispiel anhand der Nyquist-Diagramme erklären.

#### Anwenden

- Die Studierenden können das Verfahren der simultanen Vektoriteration zur Bestimmung von Eigenwerten und -vektoren implementieren.
- Die Studierenden können verschiedene Zeitschrittintegrationsverfahren implementieren.
- Die Studierenden können eine Signalanalyse im Frequenzbereich mit Hilfe kommerzieller Programme durchführen.
- Die Studierenden können verschiedene Übertragungsfrequenzgänge ermitteln und daraus die modalen Parameter bestimmen.

#### Analysieren

- Die Studierenden können eine geeignete Dämpfungs- und Massenmodellierung für die numerische Modalanalyse auswählen.
- Die Studierenden können ein problemangepasstes Verfahren zur Lösung des Eigenwertproblems auswählen.
- Die Studierenden können ein problemangepasstes Zeitschrittintegrationsverfahren auswählen.
- Die Studierenden können für eine gegebene Messaufgabe einen Versuchsaufbau mit geeigneter Lagerung und Anregung der Struktur konzipieren.
- Die Studierenden können für eine gegebene Messaufgabe eine passende Abtastrate und -dauer sowie entsprechende Filter bzw. Fensterfunktionen wählen.
- Die Studierenden können ein geeignetes Dämpfungsmodell zur Bestimmung der modalen Dämpfungen auswählen.

#### Evaluieren (Beurteilen)

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können eine numerische Eigenwertlösung anhand verschiedener Kriterien wie verwendetes Verfahren, Dämpfungs- und Massenmodellierung kritisch beurteilen und gegebenenfalls qualifizierte Verbesserungsvorschläge machen.</li> <li>• Die Studierenden können eine numerische Lösung im Zeitbereich anhand verschiedener Kriterien wie verwendetes Verfahren, Zeitschrittweite etc. kritisch beurteilen und gegebenenfalls qualifizierte Verbesserungsvorschläge machen.</li> <li>• Die Studierenden können das Ergebnis einer Fourier-Signalanalyse kritisch beurteilen, eventuelle Fehler bei der Messung erkennen und sinnvolle Maßnahmen zur Verbesserung aufzeigen.</li> <li>• Die Studierenden können die experimentell ermittelten modalen Parameter anhand verschiedener Kriterien wie zum Beispiel MAC-Werte beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden können die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Modalanalyse anhand von Linearitätstests überprüfen und beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden können die Ergebnisse einer numerischen und experimentellen Modalanalyse kritisch vergleichen, qualifizierte Aussagen über die jeweilige Modellgüte machen und gegebenenfalls Vorschläge zur Verbesserung machen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <p>Empfohlen: Kenntnisse aus dem Modul "Technische Schwingungslehre (TSL)"</p> <p>Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur (60 Minuten)</p> <p>Numerische und experimentelle Modalanalyse (Prüfungsnummer: 72651)<br/>Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60, benotet</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|    |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in<br/>Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                     | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bode, H.: Matlab-Simulink: Analyse und Simulation dynamischer Systeme. Stuttgart, Teubner, 2006</li> <li>• Bathe, K.; Finite-Elemente-Methoden. Berlin, Springer, 2001</li> <li>• Ewins, D.J.: Modal Testing. Research Studies Press, 2000</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                         |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97270 | <b>Mehrkörperdynamik</b><br>Multibody dynamics                                                          | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übungen zur Mehrkörperdynamik (2 SWS)<br>Vorlesung mit Übung: Mehrkörperdynamik (2 SWS)          | -<br>5 ECTS   |
| 3 | Lehrende                         | Dr. Rodrigo Sato Martin de Almagro<br>Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker<br>Dr.-Ing. Giuseppe Capobianco |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kinematik für Systeme gekoppelter starrer Körper</li> <li>Dreidimensionale Rotationen</li> <li>Newton-Euler-Gleichungen des starren Körpers</li> <li>Bewegungsgleichungen für Systeme gekoppelter Punktmassen/starrer Körper</li> <li>Parametrisierung in generalisierten Koordinaten und in redundanten Koordinaten</li> <li>Untermannigfaltigkeiten, Tangential- und Normalraum</li> <li>Nichtinertialkräfte</li> <li>Holonomie und nicht-holonomie Bindungen</li> <li>Bestimmung der Reaktionsgrößen in Gelenken</li> <li>Indexproblematik bei numerischen Lösungsverfahren für nichtlineare Bewegungsgleichungen mit Bindungen</li> <li>Steuerung in Gelenken</li> <li>Topologie von Mehrkörpersystemen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen<br/>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kennen das innere, äußere und dyadische Produkt von Vektoren.</li> <li>kennen die einfache und zweifache Kontraktion von Tensoren.</li> <li>kennen den Satz von Euler für die Fixpunktdrehung.</li> <li>kennen mehrere Möglichkeiten, dreidimensionale Rotationen zu parametrisieren (etwa Euler-Winkel, Cardan-Winkel oder Euler-Rodrigues-Parameter).</li> <li>kennen die Problematik mit Singularitäten bei Verwendung dreier Parameter.</li> <li>kennen die <math>SO(3)</math> und <math>so(3)</math>.</li> <li>kennen den Zusammenhang zwischen Matrixexponentialfunktion und Drehzeiger.</li> <li>kennen die Begriffe Untermannigfaltigkeit, Tangential- und Normalraum.</li> <li>kennen die Begriffe Impuls und Drall eines starren Körpers.</li> <li>kennen den Aufbau der darstellenden Matrix des Trägheitstensors eines starren Körpers.</li> <li>kennen den Satz von Huygens-Steiner.</li> <li>kennen die Begriffe holonom-skleronome und holonom-rheonome Bindungen.</li> </ul> |

- kennen den Begriff des differentiellen Indexes eines differential-algebraischen Gleichungssystems.
- kennen die expliziten und impliziten Reaktionsbedingungen in den Gelenken von Mehrkörpersystemen.
- kennen aus Dreh- und Schubgelenken zusammensetzbare Gelenke.
- kennen niedrige und höhere Elementenpaare.
- kennen den Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Mehrkörpersystemen.
- kennen den Satz über Hauptachsentransformation symmetrischer reeller Matrizen.
- kennen die nichtlinearen Effekte bei der Kreiselbewegung.

#### Verstehen

##### Die Studierenden:

- verstehen den Unterschied zwischen (physikalischen) Tensoren/Vektoren und (mathematischen) Matrizen/Tripeln.
- verstehen den Relativkinematik-Kalkül auf Lage, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsebene.
- verstehen, wie sich die Matrix des Trägheitstensors bei Translation und Rotation transformiert.
- verstehen die Trägheitseigenschaften eines starren Körpers.
- verstehen den Unterschied zwischen eingprägten Kräften und Reaktionskräften.
- verstehen den Unterschied zwischen expliziten und impliziten Reaktionsbedingungen.
- verstehen den Impuls- und Drallsatz (Newton-Euler-Gleichungen) für den starren Körper.
- verstehen die mechanischen Effekte, die auftretende Nichtinertialkräfte bewirken.
- verstehen, dass die  $SO(3)$  (multiplikative) Gruppenstruktur, die  $so(3)$  (additive) Vektorraumstruktur trägt.
- verstehen, warum dreidimensionale Rotationen nicht kommutativ sind.
- verstehen, welche Drehungen um Hauptachsen stabil, welche instabil sind.
- verstehen das Verfahren der Indexreduktion für die auftretenden differential-algebraischen Systeme.
- verstehen das Phänomen des Wegdriftens bei indexreduzierten Formulierungen der Bewegungsgleichungen.
- verstehen, wie man dem Wegdriften entgegenwirken kann.
- verstehen die analytische Lösung der Euler-Gleichungen des kräftefreien symmetrischen Kreisels.
- verstehen die Poincaré-Beschreibung des kräftefreien Kreisels.
- verstehen die Beweise der zugehörigen analytischen Zusammenhänge, einschließlich der Voraussetzungen.

#### Anwenden

##### Die Studierenden:

- können Koeffizienten von Vektoren und Tensoren zwischen verschiedenen Koordinatensystemen transformieren.

- können den Relativkinematik-Kalkül anwenden, d.h. mehrere Starrkörperbewegungen miteinander verketten.
- können Rotationen aktiv und passiv interpretieren.
- können allgemein mit generalisierten Koordinaten umgehen.
- können die Winkelgeschwindigkeit zu einer gegebenen Parametrisierung der Rotationsmatrix berechnen.
- können zu einer gegebenen Untermannigfaltigkeit Normal- und Tangentialraum bestimmen.
- können den Impuls- und Drallsatz auf starre Körper anwenden.
- können die Bindungen auf Lage-, Geschwindigkeits und Beschleunigungsebene bestimmen.
- können die Bewegungsgleichungen dynamischer Systeme in minimalen generalisierten Koordinaten aufstellen.
- können die Bewegungsgleichungen dynamischer Systeme in redundanten Koordinaten aufstellen.
- können letztere in erstere überführen.
- können die Lagrange-Multiplikatoren sowie die zugehörigen Reaktionskräfte systematisch als Funktion der Lage- und Geschwindigkeitsgrößen berechnen.
- können geeignete Nullraum-Matrizen finden.
- können die Reaktionskräfte in den Bewegungsgleichungen via Nullraummatrix eliminieren.
- können das Verfahren der Indexreduktion auf die Bewegungsgleichungen in redundanten Koordinaten anwenden.
- können den Index alternativer Formulierungen der Bewegungsgleichungen (etwa GGL-Formulierung) berechnen.
- können das Phänomen des Wegdriftens durch Projektionsverfahren oder Baumgarte-Stabilisierung unterbinden.
- können die translatorische und rotatorische Energie eines starren Körpers berechnen.
- können Hauptträgheitsmomente und -richtungen via Hauptachsentransformation ermitteln.
- können Trägheitsmomente einfacher Körper durch Volumenintegration berechnen.
- können den Satz von Huygens-Steiner anwenden.
- können den Freiheitsgrad holonomer Systeme bestimmen.
- können skleronome und rheonome Gelenke modellieren.
- können Mehrkörpermodelle topologisch und kinematisch klassifizieren.
- können analytische Lösungen der Bewegungsgleichungen (etwa Foucault-Pendel, symmetrischer Kreisel) durch Differentiation verifizieren.
- können die dynamische rechte Seite der Bewegungsgleichungen in Matlab implementieren und mit Standard-Zeitintegrationsverfahren lösen.
- können die Beweise der wichtigsten mathematischen Sätze eigenständig führen.

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>Analysieren</p> <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können analytische Lösungen der Bewegungsgleichungen (etwa Foucault-Pendel, symmetrischer Kreisel) eigenständig durch Integration bestimmen.</li> <li>• können die Auswirkungen der Zentrifugalmomente eines starren Körpers bei der Auslegung von Maschinen qualitativ und quantitativ beurteilen.</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Mehrkörpermodelle realer Maschinen mit starren Körpern, Kraftelementen und Gelenken selbstständig aufbauen.</li> <li>• können deren Dynamik durch numerische Simulation analysieren.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Empfohlen: Modul Dynamik starrer Körper                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schiehlen, Eberhard: Technische Dynamik. Teubner, 2004</li> <li>• Woernle: Mehrkörpersysteme. Eine Einführung in die Kinematik und Dynamik von Systemen starrer Körper. Springer, 2011</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97277 | <b>Geometrische numerische Integration</b><br>Geometric numerical integration                                                                                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration of ordinary differential equations</li> <li>• Numerical integration</li> <li>• Conservation of first integrals (linear and quadratic invariants)</li> <li>• Symplectic integration of Hamiltonian systems</li> <li>• Variational integrators</li> <li>• Error analysis</li> </ul> <p>In this lecture, numerical methods that preserve the geometric properties of the flow of a differential equation are presented. First, basic concepts of integration theory such as consistency and convergence are repeated. Several numerical integration methods (Runge-Kutta methods, collocation methods, partitioned methods, composition and splitting methods) are introduced. Conditions for the preservation of first integrals are derived and proven. After a brief introduction into symmetric methods, symplectic integrators for Lagrange and Hamilton systems are considered. Basic concepts such as Hamilton's principle, symplecticity, and Noether's theorem are introduced. A discrete formulation leads to the class of variational integrators which is equivalent to the class of symplectic methods. The symplecticity leads to a more accurate long-time integration which is proven by concepts of backward error analysis and is demonstrated by means of numerical examples.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen<br/>The students are familiar with Lagrange systems and Hamiltonian systems and Hamilton's principle<br/>know the terms ordinary differential equation and analytic solution<br/>are familiar with consistency and convergence of a discrete evolution<br/>know standard integrators to solve ordinary differential equations numerically (Runge-Kutta methods, collocation methods, composition and splitting methods)<br/>know symmetric integrators<br/>are familiar with the terms first integrals and quadratic invariants<br/>are familiar with Noether's theorem and symplecticity of the Hamilton flow<br/>know symplectic integrators/variational integrators<br/>know conservation properties of symplectic/variational integrators<br/>are familiar with variational error analysis and backward error analysis<br/>Anwenden</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>The students</p> <p>derive Lagrange- and Hamiltons equations</p> <p>determine invariants of dynamical systems</p> <p>implement numerical integrators and solve the ordinary differential equations numerically</p> <p>analyse the numerical solutions regarding accuracy, conservation of invariants, convergence, symmetry</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 7 Technische Mechanik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (30 Minuten)<br>mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Hairer, G. Wanner and C. Lubich, Geometric Numerical Integration: Structure-Preserving Algorithms for Ordinary Differential Equations. Springer, 2006.</li> <li>• E. Hairer, S. Nørsett, and G. Wanner, Solving ordinary differential equations. I Nonstiff problems. Springer, 1993.</li> <li>• E. Hairer and G. Wanner, Solving ordinary differential equations. II Stiff and differential-algebraic problems. Springer, 2010.</li> <li>• J. E. Marsden and M. West, Discrete mechanics and variational integrators. Acta Numerica, 2001.</li> <li>• E. Hairer, C. Lubich and G. Wanner. Geometric numerical integration illustrated by the StörmerVerlet method. Acta Numerica, 2003.</li> <li>• E. Süli and D. F. Mayers, An Introduction to Numerical Analysis. Cambridge University Press, 2003.</li> </ul> |

# 8 Konstruktion

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97110 | <b>Technische Produktgestaltung</b><br>Technical product design                                                                                                                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartack                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Technische Produktgestaltung</li> <li>• Baustrukturen technischer Produkte</li> <li>• Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung</li> <li>• toleranzgerechtes Konstruieren</li> <li>• kostengerechtes Konstruieren</li> <li>• beanspruchungsgerechtes Konstruieren</li> <li>• werkstoffgerechtes Konstruieren</li> <li>• Leichtbau</li> <li>• umweltgerechtes Konstruieren</li> <li>• nutzerzentrierte Produktgestaltung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen</p> <p>Im Rahmen von TPG erwerben die Studierenden Kenntnisse zur Berücksichtigung verschiedener Aspekte des Design-for-X bei der Entwicklung technischer Produkte. Nach der erfolgreichen Teilnahme kennen sie die jeweiligen Gestaltungsrichtlinien und zugehörige Methoden. Dies sind im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissen über Möglichkeiten zur Umsetzung des Leichtbaus und daraus abgeleitet über spezifische Gestaltungsrichtlinien, die im Rahmen des Leichtbaus zu berücksichtigen sind, hierzu: Beanspruchungsgerechtes Konstruieren (Kraftfluss, Prinzip der konstanten Gestaltfestigkeit, Kerbwirkung, Prinzip der abgestimmten Verformung, Prinzip des Kräfteausgleichs)</li> <li>• Wissen über werkstoffgerechtes Konstruieren (Anforderungs- und Eigenschaftsprofil, wirtschaftliche Werkstoffauswahl, Auswirkung der Werkstoffwahl auf Fertigung, Lebensdauer und Gewicht)</li> <li>• Wissen über die Auswirkungen eines Produktes (und insbesondere der vorhergehenden Konstruktion) auf Umwelt, Kosten und den Nutzer, hierzu: Umweltgerechtes Konstruieren (Recycling, Einflussmöglichkeiten in der Produktentwicklung, Strategien zur Berücksichtigung von Umweltaspekten, Life Cycle Assessment, Produktinstandsetzung, Design for Recycling)</li> <li>• Wissen über kostengerechtes Konstruieren (Beeinflussung der Lebenslauf-, Herstell- und Selbstkosten in der Produktentwicklung, Auswirkungen der Stückzahl und der Fertigungsverfahren, Entwicklungsbegleitende Kalkulation)</li> </ul> |

- Wissen über nutzerzentrierte Produktentwicklung (Anthropometrie, Nutzerintegration in der Produktentwicklung, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Beeinträchtigungen im Alter, Universal Design, Gestaltungsrichtlinien nach dem SENSI-Regelkatalog, etc.)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Urformens" (Gießen, Pulvermetallurgie, Additive Fertigung)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Umformens" (Schmieden, Walzen, Biegen, Scheiden, Tiefziehen, Stanzen, Fließpressen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Trennens" (Zerteilen, Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen, Erodieren)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Fügens" (Schweißen, Löten, Nieten, Durchsetzfügen, Kleben, Fügen durch Urformen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Beschichtens und Stoffeigenschaften ändern" (Schmelztauchen, Lackieren, Thermisches Spritzen, Physical Vapour Deposition, Chemical Vapour Deposition, Galvanische Verfahren, Pulverbeschichten, Vergüten, Glühen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien des montagegerechten Konstruierens bzgl. der Baustuktur technischer Produkte (Integral-, Differential und Verbundbauweise, Produktstrukturierung, Variantenmanagement, Modularisierung) und des Montageprozesses (Gestaltung der Fügeteile und Fügestellen, Automatisches Handhaben und Speichern, Toleranzausgleich, DFMA)
- Wissen über spezifische Inhalte des toleranzgerechten Konstruierens (insbesondere Grundlage der geometrischen Tolerierung und die Vorgehensweise zur Vergabe von Toleranzen)

#### Verstehen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls Technische Produktgestaltung" verfügen die Studierenden über Verständnisse hinsichtlich der technischen und nicht-technischen Einflussfaktoren und deren Abhängigkeiten bei der Gestaltung technischer Produkte ausgehend von der Produktstruktur bis zur konstruktiven Bauteilgestaltung. Hierbei stehen besonders die folgenden

#### Verständnisse im Fokus:

- Verständnis über die Spezifikation von Toleranzen, Passungen und Oberflächen in Technischen Zeichnungen unter Berücksichtigung deren Auswirkungen auf Fertigung, Montage und den Betrieb des Produktes, hierzu:  
Verständnis der Vorgehensweise zur Toleranzspezifikation sowie erforderlicher Grundlagen zur Tolerierung von Bauteilen (Allgemeintoleranzen, wirkliche und abgeleitete

Geometrieelemente, Hüllbedingung, Unabhängigkeitsprinzip, Inklusion verschiedener Toleranzarten, Bezugssysteme und Ausrichtungskonzepte, statistische Toleranzanalyse, etc.)

- Verständnis über Fertigung und Montage sowie über die Bedeutung des Design-for-X und insbesondere des fertigungsgerechten Konstruierens im Produktentwicklungsprozess
- Verständnis über die Berücksichtigung nicht-technischer Faktoren, wie beispielsweise Umwelt-, Kosten- und Nutzeraspekten, und deren Wechselwirkungen bei der Gestaltung technischer Produkte.

#### Anwenden

Die Studierenden wenden im Rahmen von Übungsaufgaben Gelerntes an. Dabei werden bestehende Entwürfe und Konstruktionen durch die Studierenden entsprechend der vermittelten Gestaltungsrichtlinien optimiert und neue Konstruktionen unter Einhaltung dieser Gestaltungsrichtlinien erschaffen. Dies beinhaltet im Einzelnen:

- Erstellung der fertigungsgerechten und montagegerechten Tolerierung von Bauteilen. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Bestimmen der zugrundeliegenden Bezugssysteme und Ausrichtungskonzepte; Bestimmen des Tolerierungsgrundsatzes. Integration von, durch Normen definierte Toleranz- und Passungsvorgaben in bestehende Tolerierungen; Zusammenfassen kombinierbarer Form- und Lagetoleranzen zu Zeichnungsvereinfachung; Festlegung der Größen der Toleranzzonen aller vergebenen Toleranzen.
- Optimierung der Tolerierung anhand der statistischen Toleranzanalyse. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Erkennen und Ableiten der analytischen Schließmaßgleichungen; Definition der zugrundeliegenden Toleranzwerten und zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen; Berechnung der resultierenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schließmaße; analytische Bestimmung der statistischen Beitragsleistung mittels lokaler Sensitivitätsanalysen; Beurteilung der Ergebnisse und ggf. anschließende Anpassung der Tolerierung der Bauteile; Transfer der Ergebnisse auf zeitabhängige Mechanismen (kinematische Systeme).
- Änderung der Gestaltung von Bauteilen, bedingt durch die Änderung der zu fertigenden Stückzahl der Baugruppe. Dies umschließt die folgenden Tätigkeiten: Bestimmung des konstruktiven Handlungsbedarfs; Anpassung der Gestaltung der Bauteile insbesondere hinsichtlich der fertigungsgerechten und der montagegerechten Gestaltung. Gestaltung der erforderlichen Werkzeuge zur Fertigung der Bauteile und Bewertung dieser bzgl. der resultierenden Kosten.

#### Analysieren

- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Modul Produktionstechnik zu erwerbenden Kompetenzen über die Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580
- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Modul Handhabungs- und Montagetechnik zu erwerbenden Kompetenzen über montagegerechtes Konstruieren
- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Modul Umformtechnik zu erwerbenden Kompetenzen über Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Umformen nach DIN 8580

#### Evaluieren (Beurteilen)

Anhand der erlernten Grundlagen über unterschiedliche Aspekte des Design-for-X, deren Berücksichtigung bei der Gestaltung technischer Produkte durch Gestaltungsrichtlinien, Methoden, und Vorgehensweisen sowie den dargelegten Möglichkeiten zur Rechnerunterstützung können die Studierenden kontextbezogene Richtlinien für die Gestaltung technischer Produkte in unbekannten Konstruktionsaufgaben auswählen und deren Anwendbarkeit einschätzen. Zudem sind sie in der Lage konträre Gestaltungsrichtlinien aufgabenspezifisch abzuwägen.

#### Erschaffen

Die Studierenden werden durch die erlernten Grundlagen befähigt, konkrete Verbesserungsvorschläge zu bestehenden Konstruktionen hinsichtlich unterschiedlicher Design-for-X Aspekte eigenständig zu erarbeiten. Zudem sind sie in der Lage technische Produkte so zu gestalten, dass diese verschiedenste technische und nicht-technische Anforderungen (fertigungsbezogene Anforderungen, Kostenanforderungen, Umweltanforderungen, Nutzeranforderungen, etc.) bedienen. Darüber hinaus werden die Studierenden in die Lage versetzt, Gestaltungsrichtlinien für neuartige Fertigungsverfahren aus grundlegenden Verfahrenseigenschaften abzuleiten und bei der Gestaltung technischer Produkte anzuwenden.

#### Lern- bzw. Methodenkompetenz

Befähigung zur selbständigen Gestaltung von Produkten und Prozessen gemäß erlernter Vorgehensweisen und Richtlinien sowie unter verschiedensten Design-for-X-Aspekten sowie zur objektiven Bewertung bestehender Produkte und Prozesse hinsichtlich gestellter Anforderungen des Design-for-X.

#### Selbstkompetenz

Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen. Objektive Beurteilung sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen sowohl in fachlicher (u. a. Umsetzung der gelehrten Richtlinien des Design-for-X in der Konstruktion) als auch in sozialer Hinsicht (u. a. Erarbeitung von Lösungen und Kompromissen im interdisziplinären Team).

#### Sozialkompetenz

Die Studierenden organisieren selbstständig die Bearbeitung von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen und erarbeiten gemeinsam Lösungsvorschläge für die gestellten Übungsaufgaben. In der

|    |                                          |                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | gemeinsamen Diskussion erarbeiteter Lösungen geben Betreuer und Kommilitonen wertschätzendes Feedback.        |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 8 Konstruktion Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97115 | <b>Wälzlagerertechnik</b><br>Rolling bearing technology                                                                                                                               | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Dr.-Ing. Marcel Bartz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung und Motivation</li> <li>• Grundsätzlicher Aufbau und Komponenten</li> <li>• Wälzlagerwerkstoffe und Wärmebehandlung</li> <li>• Wälzkontakt</li> <li>• Belastung und Lastverteilung</li> <li>• Tragfähigkeit und Lebensdauer von Wälzlagern</li> <li>• Kinematik des Wälzlagers</li> <li>• Reibung in Wälzlagern</li> <li>• Schmierung von Wälzlagern</li> <li>• Konstruktive Gestaltung von Wälzlagerungen</li> <li>• Toleranzen in Wälzlagern, Lagersteifigkeit</li> <li>• Fertigung, Montage und Handhabung</li> <li>• Schadenskunde</li> <li>• Neue Entwicklungen in der Wälzlagerertechnik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/><b>Wissen</b><br/>Im Rahmen von WLT erlangen die Studierenden praxisorientiert grundlegende Kenntnisse im Bereich der Wälzlagerertechnik. Die Studierenden sind vertraut mit Fachbegriffen und können im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Hauptfunktionen, Wirkprinzipien und Eigenschaften von Wälzlagern beschreiben.</li> <li>• die Grundkomponenten von Wälzlagern aufzählen</li> <li>• die gängigen rotatorischen und translatorischen Wälzlager nennen</li> <li>• Wissen über die Normung und Nomenklatur im Kontext von Wälzlagern wiedergeben</li> <li>• gängige Wälzlagerwerkstoffe und deren Wärmebehandlung beschreiben</li> <li>• die Hintergründe der der Auslegung von Wälzlagern zugrundeliegenden Festigkeitshypothesen wiedergeben</li> <li>• die Bedeutung der Reibung im Wälzlager beschreiben</li> <li>• die Aufgaben des Schmierstoffs nennen</li> <li>• die Schmierstoffeigenschaften, insbesondere Viskosität und Dichte, beschreiben</li> <li>• gängige Schmierstoffe und Additive aufzählen und Schmierstoffalterung beschreiben</li> <li>• Wissen über Feststoffschmierung, Mediensmierung und Trockenlauf wiedergeben</li> <li>• Möglichkeiten zur Überwachung von Wälzlagern nennen</li> </ul> |  |

- Gebrauchsspuren und Wälzlagerschäden beschreiben

### **Verstehen**

Die Studierenden verstehen Zusammenhänge zu erarbeiteten Wissen durch Erschließen von Querverbindungen und können:

- die grundlegenden geometrischen Zusammenhänge in Wälzlagern erläutern
- die Kontaktstellen und -arten in Wälzlagern herausstellen
- die Anwendung der Hertzschen Kontakttheorie zusammenfassen
- Die Studierenden können die Belastung von und die Lastverteilung in Wälzlagern beschreiben
- Die Studierenden können die Kinematik im Wälzlager, insbesondere den Bewegungsverhältnissen und den Massenkräften erläutern
- die Tragfähigkeits- und Lebensdauerberechnung von Wälzlagern sowie deren Anwendungsgrenzen verstehen
- die Reibungsarten und -zustände in Wälzlagern erläutern
- empirische und rechnerunterstützte Verfahren zur Berechnung des Lagerreibungsmomentes darstellen
- die Wärmebilanz am Wälzlager und die Berechnung der Lagertemperatur erklären
- die Fettschmierung von Wälzlagern in Hinblick auf das Prinzip der Fettschmierung, die Schmierfettauswahl, den Schmierfettmengen, der Fettgebrauchsdauer, der Schmierfrist und der erforderlichen Komponenten argumentieren
- die Schmieröleigenschaften sowie die Anwendungsbereiche, Schmierverfahren und Schmierstoffmengen bei der Ölschmierung erläutern
- die konstruktive Gestaltung von Wälzlagerungen, insbesondere der Anordnung als Fest-Los-, angestellte oder schwimmende Lagerung verstehen
- die Wahl der richtigen Wälzlagerbauform nachvollziehen
- die Gestaltung von Wellen und Gehäusen sowie die Wahl von Passungen erläutern
- ein Verständnis für die axiale Befestigung von Lagerringen aufzeigen
- berührungslose oder berührende Dichtung von Wälzlagerungen erklären
- verstehen die konstruktive Gestaltung von Linearwälzlagerungen
- die systematische Analyse von Wälzlagerschäden erläutern

### **Anwenden**

Die Studierenden wenden ihr erworbenes Wissen und Verständnis an und können:

- geeignete Lagertypen in Abhängigkeit des Anwendungsfalls auswählen
- die für Wälzlagerauswahl und -auslegung maßgeblichen geometrischen Kenngrößen berechnen
- die statische Tragfähigkeit von Wälzlagern berechnen

|   |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• spezialisierte Software zur Berechnung von Wälzlagerungen und Antriebssystemen anwenden</li> <li>• eine geeignete Fettmenge bei Erstbefettung eines Lagers sowie die Schmierfrist festlegen</li> <li>• die Ölmenge für die Ölschmierung bestimmen</li> </ul> <p><b>Analysieren</b></p> <p>Die Studierenden können Zusammenhänge anhand verschiedener Anwendungsfälle analysieren und somit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Lastverteilung und Wälzkörperbelastung bestimmen</li> <li>• die Kinematik in Einzelkontakten analysieren</li> <li>• die dynamische Tragfähigkeit von Wälzlageren, insbesondere die nominelle, modifizierte und erweiterte modifizierte Lebensdauer bestimmen</li> <li>• die dynamisch äquivalente Lagerbelastung ermitteln</li> <li>• die kinematischen Beziehungen wie Käfigdrehzahl, Wälzkörperdrehzahl oder Überrollungen bestimmen</li> <li>• ein geeignetes Schmierverfahrens sowie einen geeigneten Schmierstoff bestimmen</li> <li>• Schmierstoffverhaltens im konzentrierten Kontakt analysieren</li> </ul> <p><b>Evaluierten (Beurteilen)</b></p> <p>Basierend auf der Analyse der jeweiligen Gegebenheiten können die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Einfluss von Wälzlagerbauart, Wälzkörperzahl, Lagerlast oder Betriebsspiel auf das Reibungsmoment beurteilen</li> <li>• die konstruktive Gestaltung von Wälzlagerungen bewerten</li> </ul> <p><b>Erschaffen</b></p> <p>Die Studierenden können im Kontext konkreter Anwendungsfälle Verbesserungsvorschläge zu bestehenden Wälzlagerungen erarbeiten. Zudem sind sie in der Lage, Wälzlagerungen so zu gestalten, dass diese die verschiedensten technischen und nicht-technischen Anforderungen einer Anwendung erfüllen.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <p>Die Studierenden können Wälzlagerungen selbstständig gestalten und auslegen. Grundlage hierfür bildet das in der Vorlesung vermittelte Hintergrundwissen. Der sichere Umgang beim praktischen Einsatz des Lerninhalts wird durch Übungseinheiten zu den Themen Kontakte, Lastverteilung, Tragfähigkeit und Lebensdauer, Kinematik, Reibung, Schmierung, konstruktive Gestaltung und Schadenskunde ermöglicht. Ein spezielles Praktikum vermittelt zudem den Einsatz von fortgeschrittenen, rechnerunterstützten Werkzeugen.</p> <p>Selbstkompetenz</p> <p>Die Studierenden werden insbesondere im Übungsbetrieb zur selbstständigen Bearbeitung von Übungsaufgaben, gegebenenfalls in Arbeitsgruppen, befähigt. Weiterhin erlernen die Studierenden eine objektive Beurteilung sowie Reflexion der Relevanz des Fachgebietes Wälzlagertechnik in einem gesamtgesellschaftlichen und ökologischen Kontext.</p> |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|    |                                          |                                                     |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 8 Konstruktion Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                     |

|   |                                  |                                                                                                                                   |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97160 | <b>Methodisches und rechnerunterstütztes Konstruieren</b><br>Methodical and computer-aided design                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Methodisches und Rechnerunterstütztes Konstruieren (3 SWS)<br>Übung: MRK Übung B (1 SWS)<br>Übung: MRK Übung A (1 SWS) | -<br>-<br>-   |
| 3 | Lehrende                         | Dr.-Ing. Stefan Götz<br>Johannes Mayer<br>Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack                                                          |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p><b>I. Der Konstruktionsbereich</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellung im Unternehmen</li> <li>• Berufsbild des Konstrukteurs/Produktentwicklers</li> <li>• Engpass Konstruktion</li> <li>• Möglichkeiten der Rationalisierung</li> </ul> <p><b>II. Konstruktionsmethodik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen</li> <li>• Allgemein einsetzbare Lösungs- und Beurteilungsmethoden - Werkzeuge</li> <li>• Vorgehensweise im Konstruktionsprozess</li> <li>• Entwickeln von Baureihen- und Baukastensystemen</li> </ul> <p><b>III. Rechnerunterstützung in der Konstruktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Rechnereinsatzes in der Konstruktion</li> <li>• Durchgängiger Rechnereinsatz im Konstruktionsprozess</li> <li>• Datenaustausch</li> <li>• Konstruktionssystem [mfk]</li> <li>• Einführung von CAD-Systemen und Systemwechsel</li> <li>• Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen</li> </ul> <p><b>IV. Neue Denk- und Organisationsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrierte Produktentwicklung</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p><b><u>Fachkompetenz</u></b></p> <p><b>Wissen</b></p> <p>Im Rahmen von MRK erwerben Studierende Kenntnisse zum Ablauf sowie zu den theoretischen Hintergründen des methodischen Produktentwicklungsprozesses. Wesentlicher Lehrinhalt der Vorlesung sind ebenfalls Theorie und Einsatz der hierfür unterstützend einzusetzenden rechnerbasierten Methoden und Werkzeuge. Studierende kennen konkrete Termini, Definitionen, Verfahren und Merkmale in folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissen über intuitive sowie diskursive Kreativitätstechniken: Brainstorming, Methode 6-3-5, Delphi-Methode oder Konstruktionskataloge</li> <li>• Wissen über Entwicklungsmethoden: Reverse Engineering, Patentrecherche, Bionik, Innovationsmethoden (z. B. TRIZ)</li> <li>• Wissen über methodische Bewertungsmethoden: Technisch-Wirtschaftliche Bewertung, Nutzwertanalyse, Wertanalyse</li> </ul>                                                                                                                                                                                   |

- Wissen über Vorgehensmodelle: z. B.: Vorgehen nach Pahl/Beitz, VDI 2221, VDI 2206
- Wissen zu Baukasten-, Baureihen- und Plattformstrategien

Studierende lernen im Bereich Rechnerunterstützung die Rationalisierungsmöglichkeiten in der Produktentwicklung durch den Rechnereinsatz kennen. Sie erlernen, einen entsprechend effizient gestalteten Entwicklungsprozess selbst umzusetzen, mit Hilfe der heute in Wissenschaft und Industrie eingesetzten, rechnerunterstützten Methoden und Werkzeuge:

- Wissen über Rechnerunterstützte Produktmodellierung durch Computer Aided Design (CAD)
- Wissen über Theorie und das anwendungsrelevante Wissen der Wissensbasierten Produktentwicklung
- Wissen über Rechnerunterstützte Berechnungsmethoden (Computer Aided Engineering CAE). Hier insbesondere Wissen über Theorie sowie Anwendungsfelder der Finiten Elemente Methode (FEM), Mehrkörpersimulation (MKS), Strömungssimulation (kurze Einführung)
- Wissen über Austauschformate für Konstruktions- und Berechnungsdaten
- Wissen über Produktentwicklung durch Virtual Reality
- Wissen über Weiterverarbeitung von virtuellen Produktmodellen
- Wissen über Migrationsstrategien beim Einsatz neuer CAD/CAE-Werkzeuge

### **Verstehen**

Studierende verstehen grundlegende Abläufe und Zusammenhänge bei der methodischen Produktentwicklung sowie den Einsatz moderner CAE-Verfahren bei der Entwicklung von Produkten. Im Einzelnen bedeutet dies:

- Verstehen der Denk- und Vorgehensweise von Produktentwicklern
- Beschreiben von Bewertungsmethoden
- Darstellen methodischer Abläufe in der Produktentwicklung (u.a. Pahl/Beitz, VDI2221)
- Erklären von Rationalisierungsmöglichkeiten in der Produktentwicklung (z.B. Baukästen und reihen)
- Erklären von CAD-Modellen in Bezug auf Vor- und Nachteile, Aufbau, Nutzen
- Verstehen der wissensbasierten Produktentwicklung
- Erläutern der Grundlagen der Finite-Elemente-Methoden
- Beschreiben von CAE-Methoden und der Nutzen bzw. Einsatzgebiet
- Beschreiben der Unterschiede zwischen den CAE-Methoden
- Verstehen und beschreiben unterschiedlicher Datenaustauschformate in der Produktentwicklung sowie die Weiterverarbeitung der Daten
- Beschreiben von Virtual Reality in der Produktentwicklung

### **Anwenden**

Im Rahmen der MRK-Methodikübung stellen Studierende Bewertungsmatrizen auf und leiten eigenständig Lösungsvorschläge für ein Bewertungsproblem ab. Weiterhin erarbeiten Studierende unter Zuhilfenahme methodischer Werkzeuge Konzepte für konkrete Entwicklungsaufgaben. In der MRK-Rechnerübung werden folgende gestalterische Tätigkeiten ausgeführt:

- Erzeugung von Einzelteilen im CAD durch Modellieren von Volumenkörpern unter Berücksichtigung einer robusten Modellierungsstrategie. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Definieren von Geometriereferenzen und zweidimensionalen Skizzen als Grundlage für Konstruktionselemente; Erzeugen von Volumenkörpern mit Hilfe der Konstruktionselemente Profilextrusion, Rotation, Zug und Verbund; Erstellen parametrischer Beziehungen zum Teil mit diskreten Parametersprüngen
- Erstellen von Baugruppen durch Kombination von Einzelteilen in einer CAD-Umgebung. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Erzeugung der notwendigen Relationen zwischen den Bauteilen; Steuerung unterschiedlicher Einbaupositionen über Parameter; Mustern wiederkehrender (Norm-)Teile; Steuerung von Unterbaugruppen über Bezugsskelettmodelle
- Ableiten norm-, funktions- und fertigungsgerechter Zusammenbauzeichnungen aus den 3D-CAD-Modellen, welche den Regeln der Technischen Darstellungslehre folgen.
- Erzeugung von Finite Elemente Analysemodellen der im vorherigen erstellten Baugruppen. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Defeathering (Reduktion der Geometrie auf die wesentlichen, die Berechnung beeinflussenden Elemente); Erstellung von benutzerdefinierten Berechnungsnetzen; Definition von Lager- und Last-Randbedingungen; Interpretation der Analyseergebnisse

### **Analysieren**

Die Studierenden können nach Besuch der Veranstaltung Produktentwicklungsprozesse in Unternehmen analysieren und strukturieren. Zudem können Studierende können Methoden zur Bewertung und Entscheidung bei der Produktentwicklung anwenden. Sie unterscheiden zwischen verschiedenen CAE-Methoden und stellen diese einander gegenüber.

### **Evaluierten (Beurteilen)**

Anhand der erlernten Methoden und Möglichkeiten zur Rechnerunterstützung schätzen die Studierenden deren Eignung für unbekannte Problemstellungen ein und beurteilen diese. Darüber hinaus können Studierende nach der Veranstaltung Produktentwicklungsprozesse kritisch hinterfragen und wichtige Entscheidungskriterien bei der Produktentwicklung aufstellen.

### **Erschaffen**

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>Die Studierenden werden durch die erlernten Grundlagen befähigt, CAD- und CAE-Modelle zur Simulation anderer Problemstellung zu erstellen sowie die erlernten methodischen Ansätze in der Entwicklung innovativer Produkte zu nutzen. Darüber hinaus werden spezielle Innovationsmethoden gelehrt, die die Entwicklung neuartiger Produkt unterstützen.</p> <p><b><u>Lern- bzw. Methodenkompetenz</u></b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, selbständig die vermittelten Entwicklungsmethoden, Vorgehensmodelle sowie die aufgeführten rechnerunterstützten Methoden und Werkzeuge anzuwenden. Grundlage hierfür bildet das in der Vorlesung vermittelte Hintergrundwissen. Der sichere Umgang beim praktischen Einsatz des Lerninhalts wird durch spezielle Übungseinheiten zu den Themen Entwicklungsmethodik sowie Rechnerunterstützung ermöglicht.</p> <p><b><u>Selbstkompetenz</u></b></p> <p>Die Studierenden erarbeiten sich speziell im Übungsbetrieb Organisationsfähigkeiten zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen. Weiterhin nehmen die Studierenden eine objektive Beurteilung sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen sowohl in fachlicher (u. a. bei der Vorstellung eigener Lösungen im Rahmen des Übungsbetriebs) als auch in sozialer Hinsicht (u. a. bei der Erarbeitung von Lösungen bzw. bei der Kompromissfindung in Gruppenarbeiten) vor.</p> <p><b><u>Sozialkompetenz</u></b></p> <p>Die Studierenden organisieren selbstständig die Bearbeitung von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen und erarbeiten gemeinsam Lösungsvorschläge für die gestellten Übungsaufgaben. In der gemeinsamen Diskussion erarbeiteter Lösungen geben Betreuende und Mitstudierende wertschätzendes Feedback.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 8 Konstruktion Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                         |                                                            |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Pahl/Beitz: *Konstruktionslehre*, Springer Verlag, Berlin. |

|   |                                  |                                                                         |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97250 | <b>Integrierte Produktentwicklung</b><br>Integrated product development | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Integrierte Produktentwicklung (4 SWS)             | -             |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartack<br>Dr.-Ing. Jörg Miehl                    |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartack                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faktor Mensch in der Produktentwicklung I</li> <li>- Faktor Mensch in der Produktentwicklung II</li> <li>- Prozessmanagement und PLM</li> <li>- Systems Engineering</li> <li>- Projektmanagement</li> <li>- Entwicklungscontrolling</li> <li>- Bewerten und Entscheidungsfindung</li> <li>- Trendforschung &amp; Szenariotechnik</li> <li>- Bionik</li> <li>- Risikomanagement</li> <li>- Wissensmanagement</li> <li>- Komplexitätsmanagement</li> <li>- Innovationsmanagement</li> <li>- Affective Engineering</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p><b><u>Fachkompetenz</u></b></p> <p><b>Wissen</b></p> <p>Im Rahmen von IPE erwerben Studierende Kenntnisse, um organisatorische, methodische sowie technische Maßnahmen und Hilfsmittel zielorientiert als ganzheitlich denkende Produktentwickler einzusetzen. Zentrale Lehrinhalte des Moduls sind das Management der Prozesse in modernen Unternehmen sowie Möglichkeiten der methodischen Unterstützung. Studierende kennen konkrete Termini, Definitionen, Verfahren und Merkmale in den folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissen über den zu verinnerlichenden Grundgedanken der IPE mit den vier Aspekten Mensch, Methodik, Technik und Organisation sowie deren Zusammenspiel</li> <li>• Wissen über das Managen von Unternehmensprozessen; Methoden zur Modellierung von Geschäfts- und Unternehmensprozessen; Management von Projekten inklusive der Planung von Ressourcen, Kalkulation und Überwachung von Projektkosten, Strukturierung von Arbeitspaketen, Messung des Projektfortschritts, Erkennen und Lösen von Problemen im Projektverlauf</li> <li>• Wissen über Methoden die für die genannten Punkte eingesetzt werden können: Prozessmodellierung mittels Netzplantechnik, Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS), erweiterte ereignisgesteuerte Prozessketten (eEPK),</li> </ul> |

Strucutred Analysis and Design Technique (SADT) und Anwendung ausgewählter Beispiele

- Wissen über die Bedeutung des Entwicklungscontrollings und der spezifischen Bereiche Strategie-, Bereichs- und Projektcontrolling; Einordnung des Controllings im Unternehmen sowie Wissen über zentrale Methoden des Controllings
- Wissen über Methoden des Risikomanagements: Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FEMA), Fehlerbaumanalyse, Markov Ketten
- Wissen über die typischen Barrieren bei der Einführung von WM-Systemen; Wissen über das Phasenmodell zur Etablierung eines WM-Prozesses in Unternehmen
- Wissen über Komplexitätsmanagement; Entstehen von Komplexität in Produkten und Prozessen; Wissen über und Erkennen von Komplexität und Komplexitätstreibern sowie deren Auswirkungen; Strategien, Methoden und Werkzeuge zum Komplexitätsmanagement: Management von Varianten, Variantenstrategien, Variantenbaum, Wiederholteilsuche, Variant Mode and Effect Analysis (VMEA); Wissen über Änderungsstrategien: Unterscheidung der beiden Ansätze korrigierendes und generierendes Ändern, Ablauf der notwendigen Prozesskette für eine technische Änderung
- Wissen über Product Lifecycle Management (PLM); Wissen über den Produktlebenszyklus und die einzelnen Phasen; Wissen über die Notwendigkeit von und Anforderungen an PLM-Systeme; Wissen über Versionen und Varianten; Wissen über Konfigurationsmanagement; Wissen über Workflow- und Änderungsmanagement
- Wissen über Innovationsmanagement; Abgrenzung der Begriffe Idee, Innovation, Technologie und Technik; Wissen über die Aufgabenfelder und Ziele des Innovationsmanagements; Wissen über den Innovationsprozess und seine Phasen; Methoden und Hilfsmittel zur Technologiefrüherkennung und -prognose; Wissen über die S-Kurve zur Abschätzung der technologischen Entwicklung; Faktoren zur Förderung der Innovationskultur; Wissen über Innovationskostenbudgetierung
- Wissen über affektive Faktoren in der Produktentwicklung: Abgrenzung von Affektivität, Emotion und Gefühl, Subjektive und objektive Qualität, Prozess des subjektiven Werteempfindens, Ästhetik und Gestaltprinzipien, Ausgewählte Methoden des Affective Engineering

### **Verstehen**

Studierende verstehen die grundlegenden Abläufe und Zusammenhänge in den Bereichen:

- Risikoeinschätzung
- Planungs- und Managementtechniken

- Information, Wissen und Wissensmanagement
- Innovationsmanagement
- Affective Engineering

### **Anwenden**

Im Rahmen des Moduls IPE bearbeiten die Studierenden eigenständig Prozessmodelle, Projektpläne, Trendanalysen, Bewertungsobjekte, Szenariogestaltungsfelder, risikobehaftete Systeme sowie Komplexitätsanalysen. Die Arbeiten erfolgen in Gruppen, die Studierenden präsentieren ihre Ergebnisse unter der Leitung des wissenschaftlichen Personals. Grundlage für die genannten Tätigkeiten stellt das zuvor erworbene Wissen dar.

### **Analysieren**

Die Studierenden sind in der Lage Querverweise zu den im Modul MRK erworbenen Kompetenzen aufzuzeigen.

### **Evaluiieren (Beurteilen)**

Anhand der erlernten Kenntnisse der Integrierten Produktentwicklung schätzen die Studierenden, deren Eignung für unbekannte Problemstellungen ein und beurteilen diese. Darüber hinaus können Studierende nach der Veranstaltung die entsprechenden Methoden kritisch hinterfragen und wichtige Entscheidungskriterien bei der Produktentwicklung aufstellen.

### **Erschaffen**

Im Rahmen des Moduls IPE erwerben die Studierenden Kenntnisse, um selbstständig konkrete Problemstellungen zu bearbeiten:

- Die Studierenden entwickeln das Prozessmodell für einen Geschäftsprozess zur Bauteilbearbeitung und greifen dabei auf das zuvor vermittelte Wissen zurück (Modellierungsobjekte und -restriktionen).
- Die Aufgaben zur Projektplanung steigen in ihrer Kompliziertheit und werden von den Studierenden selbstständig bearbeitet. Dabei erzeugen sie Projektpläne, berechnen Pufferzeiten und identifizieren den jeweiligen kritischen Pfad. Weiterhin werden für konkrete Beispiele Meilensteinpläne und Gantt-Diagramme erarbeitet.
- Für ein realistisches Beispiel (ICE-Drehgestell) erzeugen die Studierenden eine Kosten-Trendanalyse und eine Meilenstein-Trendanalyse. Sie analysieren ihre Ergebnisse und beurteilen selbstständig, ob hinsichtlich der beiden Aspekte ein Verzug im Projekt auftritt und ggf. eingegriffen werden müsste.
- Im Rahmen des Themenfelds „Bewerten und Entscheidungsfindung“ erzeugen die Studierenden für ein

durchgehendes Beispiel eine gewichtete Punktbewertung. Die Ergebnisse werden präsentiert und besprochen.

- Basierend auf den Inhalten zum Thema „Szenariotechnik“ erzeugen die Studierenden Lösungen für ein durchgehendes Beispiel und durchlaufen dabei alle Stufen des Szenariobildungsprozesses. Ausgehend von einer Gestaltungsfeldanalyse identifizieren die Studierenden selbstständig Umfeld- und Lenkungsgrößen, legen Schlüsselfaktoren (SF) fest, erzeugen ein vollständiges Aktiv-Passiv Grid, ermitteln Zukunftsprognosen für jeden SF und erzeugen daraus die einzelnen Szenarien. Die Ergebnisse werden präsentiert und diskutiert.
- Im Rahmen des Themenfelds „Risikomanagement“ wird Wissen über die Grundlagen der Bool'schen Algebra vermittelt und anschließend von den Studierenden in kurzen Beispielen angewandt. Die Teilnehmenden analysieren Fehlerbäume und optimieren diese anschließend.
- Die Studierenden stellen im Rahmen des Themas „Komplexitätsmanagement“ Merkmalbäume auf und führen Planspiele auf Funktions- und Bauteilebene durch. Außerdem erstellen und analysieren sie Multiple-Domain-Matrizen und Distanzmatrizen.

#### **Lern- bzw. Methodenkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, selbständig Produkte und Prozesse gemäß erlernter Vorgehensweisen und Richtlinien zu gestalten, unter Berücksichtigung verschiedener Design-for-X-Aspekte sowie bestehende Produkte und Prozesse hinsichtlich gestellter Anforderungen des Design-for-X objektiv zu bewerten.

#### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden erwerben Fähigkeiten zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen, objektiven Beurteilung sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen sowohl in fachlicher (u. a. Umsetzung der erworbenen Kenntnisse der Richtlinien des Design-for-X in der Konstruktion) als auch in sozialer Hinsicht (u. a. Erarbeitung von Lösungen und Kompromissen im interdisziplinären Team).

#### **Sozialkompetenz**

Die Studierenden organisieren selbstständig die Bearbeitung von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen und erarbeiten gemeinsam Lösungsvorschläge für die gestellten Übungsaufgaben. In der gemeinsamen Diskussion erarbeiteter Lösungen geben Betreuende und Mitstudierende wertschätzendes Feedback.

|    |                                          |                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 8 Konstruktion Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                               |

# 9 Laser- und Umformtechnik

|   |                                  |                                                                                                                                                       |                   |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>48600 | <b>Karosseriebau</b><br>Car body construction                                                                                                         | <b>5 ECTS</b>     |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Karosseriebau - Warmumformung und Korrosionsschutz (2 SWS, WiSe 2024)<br><br>Vorlesung: Karosseriebau - Werkzeugtechnik (2 SWS, SoSe 2025) | 2,5 ECTS<br><br>- |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Paul Dick<br>Annette Sawodny<br>Dr. Peter Feuser                                                                                            |                   |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p><b>*Karosseriebau - Werkzeugtechnik*</b><br/>Es wird die Prozesskette der Blechteilerstellung für den Karosseriebau dargestellt. Nach der ersten Machbarkeitsanalyse der Bauteile durch Umformsimulation und Prototypenbau folgt letztendlich die Serienfertigung. Dabei stehen insbesondere die Werkzeugtechnik im Fokus, sowie der stückzahlgerechte Werkzeugbau in der Prototypenphase und der Aufbau robuster Serienwerkzeuge. Zum Modul gehört darüber hinaus eine Exkursion zum PT- und Serienwerkzeugbau der Mercedes Car Group in Sindelfingen.</p> <p><b>*Karosseriebau - Warmumformung und Korrosionsschutz*</b><br/>Die Entwicklung neuer, hochfester Stahlbleche für den Karosseriebau erfordert eine Anpassung der Umformprozesse. Es werden die Grundlagen der Warmumformung behandelt und deren Prozesskette von der Machbarkeitsanalyse bis hin zum Fertigungsprozess dargestellt. Dabei werden u. a. die Fertigungstechnologien für den Prototypenbau und die Serienproduktion vorgestellt. Als letzten Produktionsschritt werden Möglichkeiten zum Korrosionsschutz für die Karosserie und warmumgeformte Bauteile erläutert. Abschließend wird die Prototypen- und Serienfertigung für das Warmumformen bei einer Exkursion zu einem Serienlieferanten von warmumgeformten Bauteilen live erlebt.</p> <p><b>AutoForm Workshop</b><br/>Ab dem Wintersemester 15/16 wird im Rahmen des Moduls ein zweitägiger AutoForm Workshop integriert. AutoForm ist ein konventionelles Simulationsprogramm aus dem Bereich der Blechumformung, welches vor allem in der Automobilindustrie sehr häufig eingesetzt wird. Im Rahmen des Workshops wird der grundlegende Umgang mit der Simulationssoftware durch Mitarbeiter der Firma AutoForm vermittelt. Neben theoretischen Schulungsanteilen ist ausreichend Zeit dafür vorgesehen, in Partnerarbeit eigenständig Umformsimulationen (Kalt- und Warmumformung) und Auswertungen durchzuführen. Als Demonstratorbauteil dient ein reales Karosseriebauteil der aktuellen C-Klasse. Der Inhalt des Workshops ist klausurrelevant.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozesskette, die von der Idee zur Serienfertigung durchlaufen wird.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden erwerben Wissen über Warmumformung von Blechen und deren Einsatz in der Industrie.</li> <li>Die Studierenden erwerben Wissen über Korrosionsschutz im Automobilbau, dessen Funktion und mittels welcher Prozesse dieser aufgebracht werden kann.</li> </ul> <p>Anwenden<br/>Die Studierenden lernen das Wissen auf spezifische Problemstellungen zu übertragen.</p> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage Bauteilanforderungen anhand des Einsatzbereichs zu evaluieren.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 2 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95360 | <b>Lasersystemtechnik I: Hochleistungslaser für die Materialbearbeitung: Bauweisen, Grundlagen der Strahlführung und –formung, Anwendungen</b><br>Laser system technology I: High-power lasers for material processing: designs, basics of beam guidance and shaping, applications | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Hochleistungslaser für die Materialbearbeitung - Bauweisen, Grundlagen der Strahlführung und –formung, Anwendungen (2 SWS)                                                                                                                                              | -               |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Peter Hoffmann                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Peter Hoffmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Weltmarkt für Lasersysteme, Strahlquellen und deren Anwendung in der Materialbearbeitung</li> <li>• Grundlagen zur Ausbreitung und Fokussierung von Laserstrahlung</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Lasieranlagen: Strahlerzeugung, Bauformen für Strahlquellen, Strahlführung und formung, Anlagenbeispiele, Anwendungen</li> <li>• Festkörper-Lasieranlagen: Strahlerzeugung, Bauformen, Strahlführung über Lichtleitkabel, Strahlformung, Anlagenbeispiele, Anwendungen</li> <li>• Hochleistungsdioden-Lasieranlagen: Strahlerzeugung, Strahlführung und formung, Anlagenbeispiele, Anwendungen</li> <li>• Neuere Entwicklungen bei Strahlquellen und Lasieranlage</li> <li>• Introduction: Global Market for Laser Systems, Beam Sources and their application in material processing</li> <li>• Fundamentals of Propagation and Focussing of laser radiation</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Laser Systems: Beam Generation, design of beam sources, beam guidance and shaping, examples of systems, Applications</li> <li>• Solid-State-Laser Systems: Beam Generation, design, beam guidance via light conducting cable, beam shaping, examples of systems, Applications</li> <li>• High-Power-Diode-Laser Systems: Beam Generation, beam guidance and shaping, examples of systems, Applications</li> <li>• Novel developments in beam sources and Laser Systems</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | Die Studierenden können den Weltmarkt für Lasersysteme, Strahlquellen und deren Anwendung in der Materialbearbeitung korrekt beschreiben. Die Grundlagen zur Ausbreitung und Fokussierung von Laserstrahlung werden so weit beherrscht, dass die Lernenden im Rahmen der geometrischen Optik überschlagsweise die Auslegung von Anlagen berechnen können. Bauformen für CO <sub>2</sub> -Strahlquellen Strahlführung und formung können die Lernenden skizzieren. Sie erläutern sicher die Anwendungen für Anlagen mit Festkörperlasern, deren Bauformen, die Strahlerzeugung, -führung über Lichtleitkabel und formung. Das Prinzip der Strahlerzeugung in Hochleistungsdiodenlasern können lernende darstellen, ebenso wie dafür geeignete Systeme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | zur Strahlführung, -formung und Anwendungen mit dazugehörigen Anlagenbeispielen. Die Lernenden können über neueste Entwicklungen bei Strahlquellen und Laseranlagen berichten. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                    |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich<br>mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 20                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                |

|   |                                  |                                                            |               |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97150 | <b>Lasertechnik / Laser Technology</b><br>Laser technology | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Laser Technology (4 SWS)                        | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Dr. Kristian Cvecek                                        |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Dr. Kristian Cvecek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Physical phenomena applicable in Laser Technology: EM waves, Beam Propagation, Beam Interaction with matter</li> <li>Fundamentals of Laser Technology: Principals of laser radiation, types and theoretical understanding of various types of lasers</li> <li>Laser Safety and common applications: Metrology, Laser cutting, Laser welding, Surface treatment, Additive Manufacturing</li> <li>Introduction to ultra-fast laser technologies</li> <li>Numerical exercises related to above mentioned topics</li> <li>Demonstration of laser applications at Institute of Photonic Technologies (LPT) and Bavarian Laser Centre (blz GmbH)</li> <li>Possible Industrial visit (e.g. Trumpf GmbH, Stuttgart)</li> <li>Optional: invited lecture about a novel laser application</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>The student would know the fundamental principles involved in the development of lasers.</p> <p>will understand the design and functionality of various types of lasers, and be able to comprehend laser specifications.</p> <p>will be able to design and analyse a free space laser beam propagation setup.</p> <p>will gain knowledge about basic optical components used in laser setups such lenses, mirrors, polarizers, etc.</p> <p>would be able to understand the basic interaction phenomena during laser-matter interaction processes.</p> <p>would be able to determine the advantages and disadvantages of using laser process for industrial applications.</p> <p>will know and be able to apply the safety principles while handling laser setups.</p> <p>will be familiar with several most common industrial application of laser for material processing such as cutting, welding, material ablation, additive manufacturing.</p> <p>will be familiar with metrological applications of lasers.</p> <p>will become familiar with and be able to use international (English) professional terminology.</p> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (120 Minuten)                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97200 | <b>Umformtechnik</b><br>Metal forming                                                                                                                                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Es werden die grundlegenden Kenntnisse zu den verschiedenen Verfahren der Massiv- und Blechumformung vermittelt. Zunächst werden die Grundlagen der Werkstoffkunde, der Plastizitätstheorie und der Tribologie behandelt, die als Basis für das Verständnis der einzelnen Umformverfahren dienen. Anschließend werden die Verfahren der Massivumformung - Stauchen, Schmieden, Walzen, Durchdrücken und Durchziehen - und der Blechumformung - Tiefziehen, Streckziehen, Kragenziehen, Biegen und Schneiden - vorgestellt. Anhand von Prinzipskizzen und Musterteilen wird vor allem auf die erforderlichen Kräfte und Arbeiten, die Kraft-Weg-Verläufe, die Spannungsverläufe in der Umformzone, die Kenngrößen und Verfahrensgrenzen, die Werkzeug- und Werkstückwerkstoffe, die Werkzeugmaschinen und die erreichbaren Genauigkeiten eingegangen. Dabei werden neben den Standardverfahren auch Sonderverfahren und aktuelle Trends angesprochen. In der Vorlesung ist eine Übung integriert, in der das vermittelte Wissen angewendet wird. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p><b>Fachkompetenz</b><br/>Wissen<br/>Die Studierenden erwerben Wissen über die Grundlagen der Umformverfahren.</p> <p><b>Verstehen</b><br/>Die Studierenden können verschiedene Umformverfahren beschreiben sowie anhand verschiedener Kriterien vergleichen.</p> <p><b>Anwenden</b><br/>Die Studierenden sind in der Lage, das vermittelte Wissen zur Lösung konkreter umformtechnischer Problemstellungen anzuwenden.</p> <p><b>Analysieren</b><br/>Die Studierenden können geeignete Fertigungsverfahren zur umformtechnischen Herstellung von Produkten bestimmen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)<br>Prüfungsdauer: 120 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                         |                                                                                                                                      |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange, K.: Umformtechnik (Band 1-3), Berlin, Heidelberg, New York, Springer 1984</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97280 | <b>Lasertechnik Vertiefung</b><br>Advanced laser technology                                                                                                                           | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Laserbasierte Prozesse in Industrie und Medizin:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung des Lasers in verschiedenen Fertigungsprozessen</li> <li>• Strahlführung und Formung</li> <li>• Simulation von Laserprozessen</li> <li>• Erzeugung ultrakurzer Laserpulse und deren Anwendung</li> <li>• Anwendung des Lasers in der Augenheilkunde und zur Gewebebearbeitung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Laserbasierte Prozesse in Industrie und Medizin:</p> <p>Die Studierenden beschreiben die Mechanismen bei der Interaktion von Laserstrahlung mit Materie. Darüber hinaus abstrahieren die Studierenden die besonderen Herausforderungen bei der Anwendung von Lasern in der Fertigung. Die Studierenden klassifizieren ferner die Messprinzipien auf der Mikro- u. Nanoskala und vergleichen die Prinzipien der Strahlführung und Strahlformung. Die Studierenden stellen außerdem die Erzeugung ultrakurzer Laserpulse dar und die Studierenden fassen die Grundlagen und Anwendungsgebiete der Simulation in der Lasertechnik zusammen. Die Studierenden schildern die Herausforderungen der Medizin an die Lasertechnik und veranschaulichen die Vorteile des Lasers in der Ophthalmologie und der Gewebebearbeitung.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                             |         |
|----|---------------------------------------------|---------|
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    |         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                               |                 |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97283 | <b>Lasersystemtechnik II: Lasersicherheit, Integration von Lasern in Maschinen, Steuerungs- und Automatisierungstechnik</b><br>Laser system technology II: Laser safety, integration of lasers in machines, control and automation technology | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.                                                         |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                                                                             |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Peter Hoffmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | 1. Programmierung von Laseranlagen, Führungsverhalten<br>2. Erzeugung von Verfahrbefehlen und deren Umsetzung in eine Vorschubbewegung<br>3. Kommunikationstechniken für die Steuerung und Automatisierung von Laseranlagen<br>4. Neuere Entwicklungen für Laserroboter<br>5. Spanntechnik für das Laserstrahlschneiden<br>6. Spanntechnik für das Laserstrahlfügen<br>7. Sicherheit von Laseranlagen<br>Exkursion zur ERLAS GmbH                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden können die Programmierung von Laseranlagen und Führungsverhalten zusammenfassend darstellen. Die Erzeugung von Verfahrbefehlen und deren Umsetzung in eine Vorschubbewegung kann von den Lernenden erklärt und berechnet werden. Die Lernenden sind in der Lage, Kommunikationstechniken für die Steuerung und Automatisierung von Laseranlagen zu unterscheiden und einzuordnen. Sie können neuere Entwicklungen für Laserroboter beschreiben und nach ihrer Eignung für Anwendungsfälle einteilen. Spanntechnik für das Laserstrahlschneiden und Laserstrahlfügen können die Lernenden skizzieren. Maßnahmen zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit von Laseranlagen können die Lernenden erläutern. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich (20 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                         |            |
|----|-----------------------------------------|------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |            |

|   |                                  |                                                                                                                                                   |                          |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97290 | <b>Umformtechnik Vertiefung</b><br>Advanced metal forming                                                                                         | <b>5 ECTS</b>            |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Maßgeschneiderte Prozesstechnologien (2 SWS, WiSe 2024)<br><br>Vorlesung: Maschinen und Werkzeuge der Umformtechnik (2 SWS, SoSe 2025) | 2,5 ECTS<br><br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Michael Lechner<br>Prof. Dr.-Ing. Michael Lechner<br>Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein<br>Dr. Kolja Andreas                                          |                          |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>* Maschinen und Werkzeuge der Umformtechnik*</p> <p>Es werden aufbauend auf die in dem Modul "Umformtechnik" behandelten Prozesse begrenzt auf die sog. zweite Fertigungsstufe, d.h. Stückgutfertigung - die dafür erforderlichen Umformmaschinen und Werkzeuge vertieft. Im Bereich der Umformmaschinen bilden arbeitsgebundene, kraftgebundene und weggebundene Pressen wie auch die aktuellen Entwicklungen zu Servopressen den Schwerpunkt. In der Thematik der Werkzeuge werden Aspekte wie Werkzeugauslegung, Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugherstellung betrachtet, insbesondere auch Fragen der Lebensdauer, Beanspruchung und Beanspruchbarkeit sowie die Möglichkeiten zur Verschleißminderung und Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit. Dabei werden auch hier neben den Grundlagen auch aktuelle Entwicklungen angesprochen, wie z.B. in Bereichen der Armierung, Werkstoff und Beschichtungssysteme.</p> <p>* Umformverfahren und Prozesstechnologien (UT2)*</p> <p>Es werden aufbauend auf die im Modul "Umformtechnik" behandelten Grundlagen verschiedene Umformverfahren und Prozesstechnologien vertieft. Im Vordergrund stehen Fragestellungen zur Verarbeitung moderner Leichtbaumaterialien, wie hochfeste Stahl-, Aluminium- und Titanwerkstoffe, aber auch Prozesstechnologien wie Tailored Blanks oder Presshärten. Darüber hinaus werden verschiedene Aspekte der numerischen Prozessauslegung sowie aktuelle Trends aus Forschung und Entwicklung, wie beispielsweise Rapid Manufacturing, angesprochen.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>* Maschinen und Werkzeuge der Umformtechnik*</p> <p>Wissen<br/>Die Studierenden erwerben Wissen über die Grundlagen der Umformmaschinen und Umformwerkzeuge</p> <p>Anwenden<br/>Die Studierenden können das erworbene Wissen anwenden, um für die Bandbreite umformtechnischer Prozesse (Blech/Massiv, Kalt/Warm) mit den unterschiedlichsten Anforderungen (Bauteilgröße, Geometriekomplexität, Losgröße, Hubzahl, etc.) für den jeweiligen Fall geeignete Maschinen und Werkzeuge auszuwählen.</p> <p>Evaluierten (Beurteilen)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, die Wirkprinzipien der Maschinen zu beschreiben, zu differenzieren, zu klassifizieren und mit Hilfe von Kenngrößen zu bewerten</li> <li>Die Studierenden können die getroffene Auswahl an Werkzeugmaschinen und Werkzeugen entsprechend der vermittelten Kriterien begründen bzw. gegenüber Alternativen bewerten und abgrenzen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, Werkzeuggestaltung, Werkzeugwerkstoffauswahl entsprechend den unterschiedlichen Prozessen der Blech- und Massivumformung einzuordnen und zu bewerten.</li> </ul> <p>* Umformverfahren und Prozesstechnologien (UT2)*</p> <p>Wissen<br/>Die Studierenden erwerben Wissen über Grundlagen verschiedener Umformverfahren und Prozesstechnologien.</p> <p>Anwenden<br/>Die Studierenden sind in der Lage, das erworbene Wissen anzuwenden um unter Berücksichtigung anforderungsspezifischer Randbedingungen ein geeignetes Umformverfahren auszuwählen und entsprechende Prozesstechnologien einzusetzen.</p> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage den Einsatz verschiedener Umformverfahren und Technologien zu begründen und deren Potential zu bewerten.</li> <li>Die Studierenden können zudem die jeweiligen Prozesse beschreiben und relevante Kenngrößen einordnen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 2 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|   |                                   |                                                                     |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>988980 | <b>Laser in der Medizintechnik</b><br>Lasers in medical engineering | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Vorlesung: Laser in der Medizintechnik (2 SWS)                      | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                          | Prof. Dr. Mathias Glasmacher                                        |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr. Mathias Glasmacher                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung mit Überblick Medizintechnik und Einführung in die Grundsätzliche Eigenschaften der Laserstrahlung</li> <li>• Systemtechnik, Strahlführung und Strahlformung von medizinischen Lasersystemen</li> <li>• Wechselwirkung Laserstrahlung Gewebe</li> <li>• Anwendungen des Lasers in der Medizin</li> <li>• Zulassungsverfahren / Klinische Studien</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Lernenden können den Aufbau und die Funktion für die Medizin und Medizintechnik relevanter Licht- und Laserstrahlquellen erläutern.</li> <li>• Die Lernenden können die besonderen Herausforderungen der Medizin an die Lasertechnik erläutern.</li> <li>• Die Lernenden können Anwendungen des Lasers in der Medizin mit Schwerpunkt auf die Ophthalmologie darstellen.</li> <li>• Die Lernenden können Lösungsansätzen für medizinische Aufgabenstellungen im Bereich der Lasertechnik erarbeiten.</li> <li>• Die Lernenden können die Vorteile der Lasertechnik bei der Lösung medizinischer Problemstellungen erklären.</li> <li>• Die Lernenden können die Besonderheiten der Laserstrahlwechselwirkung mit Gewebe erläutern.</li> <li>• Die Lernenden können die Problematik der Zulassung medizinischer Laseranlagen und deren Berücksichtigung bei der Entwicklung erläutern.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | mündlich<br>mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | mündlich (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



|   |                                  |                                                                                                                                        |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95341 | <b>Moderne Fertigungstechnologien und Methoden der Datenverarbeitung</b><br>Modern production technologies and data processing methods | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Moderne Fertigungstechnologien und Methoden der Datenverarbeitung                                                           | -               |
| 3 | Lehrende                         | apl. Prof. Dr. Hinnerk Hagenah                                                                                                         |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | apl. Prof. Dr. Hinnerk Hagenah                                                                                                                                                                                                                              |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Es werden Methoden der elektronischen Datenverarbeitung und Datenerhebung an Beispielen moderner Fertigungstechnologien aufgezeigt. Unter anderem werden Neuronale Netze, Simulationen, Datenbanken sowie die Themen Optimierung und Fuzzy Logic behandelt. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Das Lernziel ist der Einblick in die Möglichkeiten und Grenzen der elektronischen Datenverarbeitung. Darüber hinaus werden anwendungsorientierte Hinweise zur Auswahl geeigneter Methoden vermittelt.                                                       |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Die Teilnehmer müssen sich im Masterstudium in einem Studiengang des Department Maschinenbau befinden.                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel<br>Am Ende der Lehrveranstaltung wird eine mündliche Prüfung abgelegt. mündliche Prüfung, ca. 20 Minuten                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester<br>Die Lehrveranstaltung wird in jedem Wintersemester angeboten.                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                     |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |

|   |                                  |                                                                                                                           |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95380 | <b>Karosseriebau - Warmumformung und Korrosionsschutz</b><br>Body construction - Product forming and corrosion protection | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Karosseriebau - Warmumformung und Korrosionsschutz (2 SWS)                                                     | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Dr. Peter Feuser<br>Prof. Dr. Paul Dick<br>Annette Sawodny                                                                |                 |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Die Entwicklung neuer, hochfester Stahlbleche für den Karosseriebau erfordert eine Anpassung der Umformprozesse. Es werden die Grundlagen der Warmumformung behandelt und deren Prozesskette von der Machbarkeitsanalyse bis hin zum Fertigungsprozess dargestellt. Dabei werden u. a. die Fertigungstechnologien für den Prototypenbau und die Serienproduktion vorgestellt. Als letzten Produktionsschritt werden Möglichkeiten zum Korrosionsschutz für die Karosserie und warmumgeformte Bauteile erläutert. Abschließend wird die Prototypen- und Serienfertigung für das Warmumformen bei einer Exkursion zu einem Serienlieferanten von warmumgeformten Bauteilen live erlebt.</p> <p>AutoForm Workshop</p> <p>Ab dem Wintersemester 15/16 wird im Rahmen des Moduls ein zweitägiger AutoForm Workshop integriert. AutoForm ist ein konventionelles Simulationsprogramm aus dem Bereich der Blechumformung, welches vor allem in der Automobilindustrie sehr häufig eingesetzt wird. Im Rahmen des Workshops wird der grundlegende Umgang mit der Simulationssoftware durch Mitarbeiter der Firma AutoForm vermittelt. Neben theoretischen Schulungsanteilen ist ausreichend Zeit dafür vorgesehen, in Partnerarbeit eigenständig Umformsimulationen (Kalt- und Warmumformung) und Auswertungen durchzuführen. Als Demonstratorbauteil dient ein reales Karosseriebauteil der aktuellen C-Klasse. Der Inhalt des Workshops ist klausurrelevant.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden erwerben Wissen über Warmumformung von Blechen und deren Einsatz in der Industrie.</li> <li>Die Studierenden erwerben Wissen über Korrosionsschutz im Automobilbau, dessen Funktion und mittels welcher Prozesse dieser aufgebracht werden kann.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden lernen das Wissen auf spezifische Problemstellungen zu übertragen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                         |                                                                 |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (60 Minuten)                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95370 | <b>Karosseriebau - Werkzeugtechnik</b><br>Body construction - Tool technology                                                                                                         | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Es wird die Prozesskette der Blechteilerstellung für den Karosseriebau dargestellt. Nach der ersten Machbarkeitsanalyse der Bauteile durch Umformsimulation und Prototypenbau folgt letztendlich die Serienfertigung. Dabei stehen insbesondere die Werkzeugtechnik im Fokus, sowie der stückzahlgerechte Werkzeugbau in der Prototypenphase und der Aufbau robuster Serienwerkzeuge. Zur Vorlesung gehört darüber hinaus eine Exkursion zum PT- und Serienwerkzeugbau der Mercedes Car Group in Sindelfingen. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Fachkompetenz<br>Wissen<br>Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozesskette, die von der Idee zur Serienfertigung durchlaufen wird.<br>Evaluieren (Beurteilen) <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage Bauteilanforderungen anhand des Einsatzbereichs zu evaluieren.</li> </ul>                                                                                                                                                                                        |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|   |                                  |                                                                                     |                 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94535 | <b>Maßgeschneiderte Prozesstechnologien</b><br>Tailored process technologies        | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Maßgeschneiderte Prozesstechnologien (2 SWS)                             | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Michael Lechner<br>Prof. Dr.-Ing. Michael Lechner<br>Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Es werden aufbauend auf die im Modul "Umformtechnik" behandelten Grundlagen verschiedene Umformverfahren und Prozesstechnologien vertieft. Im Vordergrund stehen Fragestellungen zur Verarbeitung moderner Leichtbaumaterialien, wie hochfeste Stahl-, Aluminium- und Titanwerkstoffe, aber auch Prozesstechnologien wie Tailored Blanks oder Presshärten. Darüber hinaus werden verschiedene Aspekte der numerischen Prozessauslegung sowie aktuelle Trends aus Forschung und Entwicklung, wie beispielsweise Rapid Manufacturing, angesprochen.                                                                      |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden sind in der Lage, das erworbene Wissen anzuwenden um unter Berücksichtigung anforderungsspezifischer Randbedingungen ein geeignetes Umformverfahren auszuwählen und entsprechende Prozesstechnologien einzusetzen. Evaluieren Die Studierenden sind in der Lage den Einsatz verschiedener Umformverfahren und Technologien zu begründen und deren Potential zu bewerten. Die Studierenden können zudem die jeweiligen Prozesse beschreiben und relevante Kenngrößen einordnen.</li> </ul> </li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                             |         |
|----|---------------------------------------------|---------|
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    |         |

|   |                                  |                                                                                              |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95150 | <b>Maschinen und Werkzeuge der Umformtechnik</b><br>Forming technologies: Machines and tools | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!    |                 |
| 3 | Lehrende                         | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!    |                 |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|---|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | Es werden aufbauend auf die in dem Modul Umformtechnik" behandelten Prozesse begrenzt auf die sog. zweite Fertigungsstufe, d.h. Stückgutfertigung - die dafür erforderlichen Umformmaschinen und Werkzeuge vertieft. Im Bereich der Umformmaschinen bilden arbeitsgebundene, kraftgebundene und weggebundene Pressen wie auch die aktuellen Entwicklungen zu Servopressen den Schwerpunkt. In der Thematik der Werkzeuge werden Aspekte wie Werkzeugauslegung, Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugherstellung betrachtet, insbesondere auch Fragen der Lebensdauer, Beanspruchung und Beanspruchbarkeit sowie die Möglichkeiten zur Verschleißminderung und Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit. Dabei werden auch hier neben den Grundlagen auch aktuelle Entwicklungen angesprochen, wie z.B. in Bereichen der Armierung, Werkstoff und Beschichtungssysteme.                                                                                                                                                                                   |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Fachkompetenz<br>Wissen <ul style="list-style-type: none"> <li>•               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden können das erworbene Wissen anwenden, um für die Bandbreite umformtechnischer Prozesse (Blech/Massiv, Kalt/Warm) mit den unterschiedlichsten Anforderungen (Bauteilgröße, Geometriekomplexität, Losgröße, Hubzahl, etc.) für den jeweiligen Fall geeignete Maschinen und Werkzeuge auszuwählen. Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden sind in der Lage, die Wirkprinzipien der Maschinen zu beschreiben, zu differenzieren, zu klassifizieren und mit Hilfe von Kenngrößen zu bewerten - Die Studierenden können die getroffene Auswahl an Werkzeugmaschinen und Werkzeugen entsprechend der vermittelten Kriterien begründen bzw. gegenüber Alternativen bewerten und abgrenzen. - Die Studierenden sind in der Lage, Werkzeuggestaltung, Werkzeugwerkstoffauswahl entsprechend den unterschiedlichen Prozessen der Blech- und Massivumformung einzuordnen und zu bewerten</li> </ul> </li> </ul> |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (120 Minuten)                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                                           |               |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97295 | <b>Ecodesign in der Produktionstechnik</b>                                                | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! |               |
| 3 | Lehrende                         | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Michael Lechner                                                                                                                                     |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!                                                                                                                              |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!                                                                                                       |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 9 Laser- und Umformtechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                     |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                              |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt)<br>Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt) |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | ?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                    |

# 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>46900 | <b>Kunststofftechnik - Technologie der Verbundwerkstoffe</b><br>Fiber Composites                                                                                                      | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Das Modul Technologie der Verbundwerkstoffe stellt die einzelnen Komponenten (Faser und Matrix), die Auslegung, Verarbeitungstechnologie, Simulation und Prüfung mit Fokus auf Faserverbundkunststoffe vor. Im Einzelnen werden dabei folgende Inhalte vertieft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Verstärkungsasern</li> <li>• Matrix</li> <li>• Fasern und Matrix im Verbund</li> <li>• Verarbeitung (Duroplaste und Thermoplaste)</li> <li>• Auslegung (klassische Laminattheorie)</li> <li>• Gestaltung und Verbindungstechnik</li> <li>• Simulation</li> <li>• Mechanische Prüfung und Inspektion</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen im Bereich der Faserverbundkunststoffe.</li> <li>• Kennen die verschiedenen Halbzeuge und deren verfügbare Konfektionierung.</li> <li>• Kennen und Verstehen die Verarbeitung von faserverstärkten Formmassen.</li> <li>• Kennen die Struktur und die besonderen Merkmalen der unterschiedlichen Ausprägungen und Werkstoffe von Fasern und Matrix und können diese erläutern.</li> <li>• Verstehen die Auslegung, die Verbindungstechnik und die Simulation von faserverstärkten Bauteilen.</li> <li>• Können ein werkstoff- und belastungsgerechten Faserverbundbauteil auslegen und konstruieren.</li> <li>• Können Faserverbundbauteile hinsichtlich Werkstoffauswahl, Gestaltung und Konstruktion beurteilen.</li> <li>• Können Simulationsergebnisse zu Faserverbundbauteilen beurteilen.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                         |                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur<br>Klausur, 60 Minuten                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ehrenstein, G.W.: Faserverbund-Kunststoffe, München Wien, 2006</li> </ul>                                  |

|   |                                  |                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>46910 | <b>Kunststoff- Fertigungstechnik</b><br>Polymer production technology | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Kunststoff-Fertigungstechnik (0 SWS)                       | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                        |                 |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Die Vorlesung Kunststoff-Fertigungstechnik stellt die Technik zur Fertigung von Kunststoff-Bauteilen und die dafür benötigte Anlagen- und Werkzeugtechnik vor. Dabei wird auch auf die Sensorik, Regelung und Steuerung in Fertigungsprozessen eingegangen. Der Inhalt der Vorlesung gliedert sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinen- und Anlagentechnik, Peripherie</li> <li>• Aufbereitung und Compoundierung von Thermo- und Duroplasten</li> <li>• Verarbeitungsverfahren (Extrusion, Spritzgießen, reagierende Formmassen)</li> <li>• Weiterverarbeitungsverfahren</li> <li>• Werkzeugtechnik: Auslegung und Bauformen (Spritzgießwerkzeuge und Extrusionswerkzeuge)</li> <li>• Regeln und Steuern in der Kunststoffverarbeitung</li> <li>• Maßnahmen der Qualitätskontrolle und -sicherung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>*Fachkompetenz: Wissen, Verstehen und Anwenden*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen in der Kunststoff-Fertigungstechnik.</li> <li>• kennen die zur Fertigung benötigten Maschinen und Anlagen, inkl. Peripherie wie Kühlgeräte, Mischer, Trockner und Handhabungsgeräte.</li> <li>• können die Werkzeugtechnik mit Eigenschaften und Funktionen der einzelnen Elemente erläutern.</li> <li>• können Spritzgießwerkzeuge mit verschiedenen Werkzeugsystemen, Normalien, Oberflächen, Angussarten (Kalt- und Heißkanal), Entlüftung und Einsätzen erläutern.</li> <li>• verstehen werkzeugbezogene Fertigungsprobleme (bspw. Werkzeugdeformation, Überspritzen, Brenner), deren Folgen und Durchführung von Abhilfemaßnahmen.</li> <li>• kennen Extrusionswerkzeuge und deren Bauformen.</li> </ul> <p>*Fachkompetenz: Analysieren und Evaluieren*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können ein Werkzeugkonzept für ein gegebenes Bauteil erstellen.</li> <li>• können benötigte Maschinen und Anlagen zur Fertigung eines Kunststoffprodukts auswählen und evaluieren.</li> <li>• bewerten bestehende Werkzeuge hinsichtlich Funktion und Bauweise.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                          |                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                            |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>46950 | <b>Kunststoffe und ihre Eigenschaften</b><br>Plastics and their properties | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Kunststoffe und ihre Eigenschaften (2 SWS)            | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                             |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul Kunststoffe und ihre Eigenschaften stellt aufbauend auf die Vorlesung Werkstoffkunde die verschiedenen Kunststoffe und ihre spezifischen Eigenschaften vor.</p> <p>Beginnend werden Grundlagen zur Polymerchemie und -physik erläutert. Teile dieses Inhalts sind unter anderen die verschiedenen Polymersynthese-Reaktionen, molekulare Bindungskräfte, Strukturmerkmale und thermische Umwandlungen von Kunststoffen. Anschließend werden die Verarbeitungseigenschaften von Thermoplasten im Überblick dargestellt. Der Hauptteil der Vorlesung befasst sich mit den verschiedenen Kunststoffen und ihren spezifischen Eigenschaften und Merkmalen.</p> <p>Die behandelten Kunststoffe sind insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polyolefine</li> <li>• Duroplaste</li> <li>• Elastomere</li> <li>• Polyamide und Polyester</li> <li>• Amorphe/ optische Kunststoffe</li> <li>• Hochtemperaturkunststoffe</li> <li>• Faserverbundwerkstoffe</li> <li>• Klebstoffe</li> <li>• Hochgefüllte Kunststoffe</li> </ul> <p>Abschließend wird ein grober Überblick über die Aufbereitung von Kunststoffen und die dabei verwendeten Verfahren, Maschinen, Werkstoffe, Füllstoffe und Additive gegeben.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p><b>*Fachkompetenz: Wissen, Verstehen und Anwenden*</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen zu den Kunststoffen und können diese anwenden.</li> <li>• Kennen die vorgestellten Kunststoffe mit ihren Eigenschaften und Einsatzgebieten.</li> <li>• verstehen die Eigenschaften der vorgestellten Kunststoffe mit den jeweils spezifischen Merkmalen und kennen ihre Herstellung und wichtige Fertigungsverfahren.</li> <li>• verstehen die Zusammenhänge zwischen molekularem Aufbau, Umgebungsbedingungen wie Druck und Temperatur und Eigenschaften der Kunststoffe, dabei Transfer des Wissens aus anderen Vorlesungen (z. B. Werkstoffkunde).</li> <li>• können exemplarische Bauteile zu den jeweiligen Kunststoffen fundiert zuordnen.</li> </ul> <p><b>*Fachkompetenz: Analysieren, Evaluieren und Erschaffen*</b></p> <p>Die Studierenden</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erstellen anforderungsbezogene Bewertungen der verschiedenen Kunststoffe und bewerten die Auswahl eines Kunststoffs für einen beispielhaften Anwendungsfall.</li> <li>• erarbeiten eine Werkstoffsubstitution mit einem passenden Kunststoff: Bewertung des einzusetzenden Kunststoffs sowie Auswahl eines geeigneten Fertigungsverfahrens (Wissenstransfer aus den Vorlesungen Produktionstechnik und Kunststoffverarbeitung).</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|   |                                  |                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94920 | <b>International Supply Chain Management</b><br>International supply chain management | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: International Supply Chain Management (vhb) (4 SWS)              | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Simon Schlichte                                         |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <p>Contents:<br/>The virtual course intends to give an overview on the main tasks of a supply chain manager in an international working environment:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Goals and tasks</li> <li>• Methods and tools</li> <li>• International environment</li> <li>• Knowledge and experience of industrial practice</li> <li>• Cutting edge research on SCM</li> </ul> <p>For practical training, 3 additional Case Studies are executed as part of the course.</p> <p>Lehreinheiten / Units:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated logistics, procurement, materials management and production</li> <li>• Material inventory and material requirements in the enterprise</li> <li>• Strategic procurement</li> <li>• Management of procurement and purchasing</li> <li>• In-plant material flow and production systems</li> <li>• Distribution logistics, global tracking and tracing</li> <li>• Modes of transport in international logistics</li> <li>• Disposal logistics</li> <li>• Logistics controlling</li> <li>• Network design in supply chains</li> <li>• Global logistic structures and supply chains</li> <li>• IT systems in supply chain management</li> <li>• Sustainable supply chain management</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After having completed this course successfully, the student will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• define the basic terms of supply chain management</li> <li>• understand important procurement methods and strategies</li> <li>• name and classify different stock types and strategies</li> <li>• analyse possibilities for cost reduction in supply chains</li> <li>• know and differentiate central IT systems of supply chain management</li> <li>• explain disposal and controlling strategies</li> <li>• recognise the main issues in international supply networks</li> <li>• know the possibilities of transformation to a sustainable supply chain</li> <li>• assess different modes of transport</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                          |                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Englisch                                                                                |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                        |                 |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94946 | <b>Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Produktion und Service</b><br>Industry 4.0 - Application scenarios in production and service | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Produktion und Service (2 SWS)                                                       | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Tobias Reichenstein<br>Prof. Dr. Ulrich Löwen                                                                                          |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Die IT-Durchdringung in der produzierenden Industrie nimmt rasant zu. Der nutzenstiftende Einsatz von IT bei der Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen hat für Deutschland eine zentrale strategische Bedeutung. Diese Trends werden unter Begriffen wie Industrie 4.0" und Industrial Internet" bzw. Internet of Things" weltweit diskutiert. Dabei treffen doch recht unterschiedliche Sichtweisen aufeinander. In der Vorlesung werden diese Trends und Visionen anhand von ausgewählten Anwendungsszenarien erläutert. Außerdem werden die dafür zum Verständnis notwendigen Grundlagen erklärt.</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewusstseins-schärfung bezüglich der Auswirkungen der Digitalisierung auf die produzierende Industrie</li> <li>• Verständnis von Geschäftstreibern, technischen Möglichkeiten und deren Wechselwirkungen in der produzierenden Industrie</li> <li>• Vermittlung Branchen- und Domänen-übergreifender Prozesse und Methoden in der produzierenden Industrie</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Den Studierenden sollen die Auswirkungen der Digitalisierung auf die produzierende Industrie verdeutlicht und dadurch ein Bewusstsein für diese Entwicklungen geschaffen werden. Zusätzlich soll ein Verständnis für Geschäftstreiber, technische Möglichkeiten und deren Wechselwirkungen in der produzierenden Industrie sowie branchen- und domänenübergreifender Prozesse und Methoden vermittelt werden.</p> <p>Die Vorlesung ist auf Basis der folgenden Leitlinien aufgebaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodische und konsequente Trennung der Diskussion von Problemperspektive, konzeptioneller Lösungsperspektive und technischer Umsetzungsperspektive</li> <li>• Umfassendes Gesamtverständnis bezüglich der oft sehr vielschichtigen wirtschaftlichen und technischen Zusammenhänge (zu Lasten eines tiefen technischen Detaildiskussion)</li> <li>• Betonung des für einen Anwender gestifteten (geschäftlichen) Nutzens und der möglichen Alleinstellungsmerkmale für einen Standort Deutschland</li> </ul> <p>Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die kontroversen und vielschichtigen Diskussionen im Umfeld der Digitalisierung in der Produzierenden Industrie in einen konsistenten Gesamtkontext einzuordnen</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• anhand repräsentativer Beispiele den Unterschied zu verstehen zwischen dem aktuellen Stand der Technik und Forschung sowie den durch Industrie 4.0 postulierten Innovationshypothesen</li> <li>• aufgrund der vermittelten Beispiele und Methoden durch eine Hinterfragung von Zielen und des wirtschaftlichen Nutzens die oft stark emotional geführten Diskussionen im Kontext von Industrie 4.0 zu versachlichen</li> </ul> <p>Das im Rahmen dieser Lehrveranstaltung vermittelte Wissen ist in allen Bereichen der industriellen Branchen, so z. B. im Automobilbau, der Informatik und Wirtschaftsinformatik, der Elektrotechnik und Medizintechnik und dem Maschinen- und Anlagenbau erforderlich.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 35 h<br>Eigenstudium: 40 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94947 | <b>Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Design und Engineering</b><br>Industry 4.0 - Application scenarios in design and engineering                                                | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Ulrich Löwen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Der Industrie-Anlagenbau ist durch hohe technische Komplexität und ein hohes Maß geschäftlicher Risiken gekennzeichnet. Dieses Geschäft hat allerdings für Hochlohnländer wie Deutschland eine strategische Bedeutung: Einerseits ermöglicht die Beherrschung dieser Art von Geschäft die Generierung von nachhaltigen Wettbewerbsvorteilen, da aufgrund der Komplexität ein Kopieren" für Mitbewerber nicht zielführend ist. Andererseits generiert diese Geschäftsart aufgrund der engen Zusammenarbeit mit konkreten Kunden permanent Innovationsideen, welche direkt am Markt eingesetzt und erprobt werden können, sodass dadurch eine Zukunftsorientierung und -sicherung gegeben ist. Allerdings gibt es derzeit keine wissenschaftliche Community, die sich dieser Fragestellung umfassend annimmt. Es ist daher wichtig, den nachwachsenden Generationen von Jungingenieuren die strategische Bedeutung des Themas und mögliche Lösungskonzepte frühzeitig zu vermitteln.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden sollen ein Bewusstsein im Hinblick auf die Potentiale und Risiken des Projektgeschäfts, des Engineerings bzw. der Systemintegration im Kontext von Industrieanlagen entwickeln. Dazu werden branchen- und domänenübergreifende Engineering-Konzepte, -Methoden und -Prozesse vermittelt.</p> <p>Die Vorlesung ist auf Basis der folgenden Leitlinien aufgebaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Startpunkt aller Betrachtungen sind jeweils die Treiber aus geschäftlicher und technischer Sicht, die in ihren prinzipiellen Wechselwirkungen untereinander betrachtet werden. Auf dieser Basis werden die Anforderungen an Lösungsansätze bezüglich Geschäftsmodellen, Strategien, Konzepten und Methoden abgeleitet und diskutiert.</li> <li>• Die behandelten Themen werden durch praktische Beispiele aus dem Umfeld des Siemens Konzerns illustriert. Ziel ist dabei, Beispiele aus möglichst unterschiedlichen Geschäften (z.B. Walzwerke, Kraftwerke, Energieübertragung und -verteilung, Logistik, etc.) zu nutzen, um die Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede transparent zu machen.</li> <li>• Die vorgestellten branchen- und domänenübergreifenden Lösungsansätze in Form von Strategien, Konzepten, Methoden, etc. werden in ein gesamtheitliches Rahmenwerk</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>eingeordnet, um so die Querbezüge und Abhängigkeiten zu verdeutlichen.</p> <p>Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die geschäftlichen und technischen Treiber und Herausforderungen im Kontext des Industrieanlagen-Geschäfts umfassend zu verstehen,</li> <li>• grundsätzliche Ansätze der Modellbildung bezüglich Systemen und Prozessen zu unterscheiden und zu nutzen</li> <li>• sowie branchen- und domänenübergreifende Engineering-Konzepte, - Methoden und -Prozesse als Basis für eine konkrete Anwendung beurteilen zu können</li> </ul> <p>Das im Rahmen dieser Lehrveranstaltung vermittelte Wissen ist in allen Bereichen der projektbasierten industriellen Branchen, so z. B. im allgemeinen Maschinen-, insbesondere aber im (Groß-) Anlagenbau erforderlich.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94951 | <b>Grundlagen der Robotik</b><br>Fundamentals of robotics                                                                                                                             | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul Grundlagen der Robotik richtet sich insbesondere an die Studierenden der Informatik, des Maschinenbaus, der Mechatronik, der Medizintechnik sowie des Wirtschaftsingenieurwesens. Es werden zunächst die Grundlagen der modernen Robotik erläutert und anschließend fachspezifische Grundlagen zur Konzeption, Implementierung und Realisierung von Robotersystemen vermittelt. Hierbei liegt der Fokus neben klassischen Industrierobotern auch auf neuen Robotertechnologien für den Service-, Pflege- und Medizinbereich. Es werden weiterhin die Grundlagen des Robot Operating System (ROS) vermittelt und es wird durch praktische Übungen die Arbeit und Roboterprogrammierung mit ROS erlernt. Das Modul umfasst hierfür die nachfolgenden Themenschwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauformen, Begriffe, Definitionen, Historie, rechtliche Grundlagen und Roboterethik</li> <li>• Roboteranwendungen in Industrie, Service, Pflege und Medizin</li> <li>• Sensorik und Aktorik für Robotersysteme</li> <li>• Kinematik und Dynamik verschiedener Roboterbauformen</li> <li>• Steuerung, Regelung und Bahnplanung</li> <li>• Varianten der Roboterprogrammierung</li> <li>• Planung und Simulation von Robotersystemen</li> <li>• Robot Operating System (ROS)</li> <li>• Computer Vision (OpenCV)</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Ziel ist, den Studierenden einen fundierten Überblick über aktuelle Roboterapplikationen zu vermitteln sowie die grundlegenden Bauformen, Begrifflichkeiten und gesetzlichen Rahmenbedingungen vorzustellen. Darauf aufbauen werden die notwendigen technischen Grundlagen moderner Robotersysteme sowie die Programmierung eines Roboters mit ROS erlernt.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roboter hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu klassifizieren, das für eine vorgegebene Anwendung optimale Robotersystem auszuwählen und hierbei ethische und arbeitsschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen.</li> <li>• Robotersysteme auszulegen, zu entwickeln und die erforderlichen Bewegungsabläufe zu planen,</li> <li>• die für verschiedene Roboterapplikationen notwendige Sensorik und Aktorik auszuwählen,</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotersysteme durch den Einsatz von Planungs- und Simulationswerkzeugen zu validieren</li> <li>• sowie Roboter mit Hilfe des Robot Operating Systems zu programmieren und zu steuern.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                      |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                            |

|   |                                  |                                                                                                                                                   |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95067 | <b>Machine Learning for Engineers - Introduction to Methods and Tools</b><br>Machine learning for engineers I - Introduction to methods and tools | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Machine Learning for Engineers I: Introduction to Methods and Tools (VHB) (4 SWS)                                                      | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Prof. Dr. Nico Hanenkamp<br>Prof. Dr. Björn Eskofier                                                                |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Thomas Altstidl<br>Prof. Dr. Björn Eskofier                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>This is an introductory course presenting fundamental algorithms of machine learning (ML) that are typically applied to data science problems. Knowledge is deepened by two practical exercises to gain hands-on experience. The course covers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Python programming in the field of data science</li> <li>• Review of typical task domains (such as regression, classification and dimensionality reduction)</li> <li>• Theoretical understanding of widely used machine learning methods (such as linear and logistic regression, support vector machines (SVM), principal component analysis (PCA) and deep neural networks (DNN))</li> <li>• Practical application of these machine learning methods on engineering problems</li> </ul> |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After successfully participating in this course, students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• independently recognize the task domain at hand for new applications</li> <li>• select a suitable and promising machine learning methodology based on their known theoretical properties</li> <li>• apply the chosen methodology to the given problem using Python</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur<br>Electronic exam (online), 90min                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 0 h<br>Eigenstudium: 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | 1) Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press, 2012<br>2) The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, Springer, 2009<br>3) Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press, 2016 |

|   |                                  |                                                              |                 |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95250 | <b>Konstruieren mit Kunststoffen</b><br>Plastic construction | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Konstruieren mit Kunststoffen (2 SWS)             | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                               |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul Konstruieren mit Kunststoffen stellt wichtige Aspekte für die Konstruktion von Bauteilen mit Kunststoffen dar.</p> <p>Der Inhalt gliedert sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung, methodisches Konstruieren, Anforderungslisten</li> <li>• Werkstoffauswahl, Werkstoffdatenbanken</li> <li>• Auswahl des Fertigungsverfahrens</li> <li>• Innere Eigenschaften und Verarbeitungseinflüsse</li> <li>• Werkzeuge für den Verarbeitungsprozess</li> <li>• Modellbildung und Simulation des Verarbeitungsprozesses</li> <li>• Dimensionieren</li> <li>• Modellbildung und Simulation zu Bauteilauslegung</li> <li>• Werkstoffgerechtes Konstruieren</li> <li>• Verbindungstechnik</li> <li>• Maschinenelemente</li> <li>• Rapid Prototyping und Rapid Tooling</li> <li>• Bauteilprüfung und Produkterprobung</li> </ul> <p>Wichtige Grundlagen für das Modul sind die Kenntnis der Eigenschaften der verschiedenen Kunststoffe und ihre Modifikationen sowie die Kenntnis der Fertigungsprozesse und dass diese sich entscheidend auf die Bauteilkonstruktion auswirken.</p>                                      |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen für die Konstruktion mit Kunststoffen.</li> <li>• Kennen die Vorgangsweise beim Erstellen einer Konstruktion mit Bauteilen aus Kunststoff.</li> <li>• Verstehen, wie sich die speziellen Eigenschaften der Kunststoffe auf die Konstruktion auswirken.</li> <li>• Kennen und Verstehen die wichtigen Punkte bei der Erstellung einer Simulation.</li> <li>• Kennen die verschiedenen Hilfsmittel bei Erstellung einer Konstruktion, wie etwa Werkstoffdatenbanken und Simulationen und können diese Anwenden.</li> <li>• Können für eine gegebene Konstruktionsaufgabe verschiedene Werkstoffe auswählen und bewerten</li> <li>• Können einen Werkstoff für ein gegebenes Anforderungsprofil sowie kunststoff- und fertigungsgerechte Konstruktion eines Bauteils auswählen.</li> <li>• Können eine kritische, bewertende Betrachtung von Bauteilen hinsichtlich Werkstoffauswahl und Konstruktion durchführen.</li> <li>• Können Simulationsergebnissen bewerten und daraus sinnvolle Maßnahmen für die Konstruktion ableiten.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                    |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                              |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>8 Konstruktion Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur<br>Klausur, 60 Minuten<br>elektronische Prüfung, über 75% MultipleChoice                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                           |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                    |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                  |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | G.W. Ehrenstein: Mit Kunststoffen konstruieren - Eine Einführung;<br>Haner Verlag München Wien; ISBN 3-446-21295-7                                                                                       |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95260 | <b>Kunststoffverarbeitung</b><br>Polymer processing                                                                                                                                   | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Das Modul Kunststoffverarbeitung führt aufbauend auf das Modul Werkstoffkunde in die Verarbeitung von Kunststoffen ein. Zum Verständnis werden eingangs wiederholend die besonderen Eigenschaften von Polymerschmelzen erklärt und die Schritte der Aufbereitung vom Rohgranulat zum verarbeitungsfähigen Kunststoff erläutert.</p> <p>Anschließend werden die folgenden Verarbeitungsverfahren vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrusion</li> <li>• Spritzgießen mit Sonderverfahren wie z. B. Mehrkomponententechnik</li> <li>• Pressen</li> <li>• Warmumformen</li> <li>• Schäumen</li> <li>• Herstellung von Hohlkörpern</li> <li>• Additive Fertigung</li> </ul> <p>Hier wird neben der Verfahrenstechnologie und den dafür benötigten Anlagen auch auf die Besonderheiten der Verfahren eingegangen sowie jeweils Kunststoffbauteile aus der Praxis vorgestellt. Abschließend werden die Verbindungstechnik bei Kunststoffen und das Veredeln von Kunststoffbauteilen erläutert.</p> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p><b>*Fachkompetenz: Wissen, Verstehen und Anwenden*</b><br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen in der Kunststoffverarbeitung.</li> <li>• Verstehen die Eigenschaften von Thermoplastschmelzen bei der Kunststoffverarbeitung, und können dabei das erlangte Wissen aus der Werkstoffkunde anwenden.</li> <li>• Verstehen die Aufbereitungstechnik und die verschiedenen Fertigungsverfahren in der Kunststoffverarbeitung.</li> <li>• Können aufzeigen, welche Gründe zur Entwicklung der jeweiligen Verfahren geführt haben und wofür diese eingesetzt werden.</li> <li>• Können den Prozessablauf der benötigten Maschinen und Anlagen sowie die Merkmale und Besonderheiten jedes vorgestellten Verfahrens erläutern.</li> <li>• Können exemplarische Bauteile zu den jeweiligen Fertigungsverfahren zuordnen.</li> </ul> <p><b>*Fachkompetenz: Analysieren und Evaluieren*</b><br/>Die Studierenden</p>                                  |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewerten anforderungsbezogen die verschiedenen Fertigungsverfahren.</li> <li>• Klassifizieren die einzelnen Prozessschritte der jeweiligen Verfahren hinsichtlich Kenngrößen wie bspw. Zykluszeit und Energieverbrauch.</li> <li>• Analysieren und benennen die auftretenden Schwierigkeiten und Herausforderungen bei der Fertigung spezieller Kunststoffbauteile.</li> <li>• Können Kriterien für die Fertigung aus gegebenen Bauteilanforderungen ableiten und davon geeignete Fertigungsverfahren oder Kombinationen auswählen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Michaeli, W.: Einführung in die Kunststoffverarbeitung, Hanser Verlag 2004</p> <p>Limper, A.: Verfahrenstechnik der Thermoplastextrusion, Hanser Verlag 2011</p> <p>Ehrenstein, G.W.: Handbuch Kunststoff-Verbindungstechnik, Hanser Verlag 2004</p> <p>Johannaber, F.: Handbuch Spritzgießen, Hanser Verlag 2001</p>                                                                                                                                                                                                                                                                |

|   |                                  |                                                                                                 |                 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95270 | <b>Die Werkzeugmaschine als mechatronisches System</b><br>Machine tools as a mechatronic system | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Die Werkzeugmaschine als mechatronisches System (2 SWS)                              | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm<br>Eva Russwurm<br>David Kunz                                 |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung der Mechatronik im Werkzeugmaschinenbau</li> <li>• Grundlegende Begrifflichkeiten mit Bezug auf den Werkzeugmaschinenbau zu den Themen Mechanik, Elektrotechnik und Software</li> <li>• Analyse, Modellierung und Regelung von Werkzeugmaschinen</li> <li>• CNC-Steuerungstechnik für die Werkzeugmaschine</li> <li>• Parallelkinematik-Maschinen</li> <li>• Evolution der Drehmaschinen</li> <li>• Vertikale und horizontale IT-Integration</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wesentliche mechatronische Komponenten der Werkzeugmaschine zu benennen und zu erläutern.</li> <li>• Modellversuche zur elektrischen Antriebstechnik durchzuführen.</li> <li>• eine analytische Vorgehensweise zur regelungstechnischen Modellbildung anzuwenden.</li> <li>• Regelungstechnische Möglichkeiten der elektrischen Antriebstechnik darzustellen.</li> <li>• die CNC Verfahrenskette vom CAD-Geometriemodell zur Werkzeugposition zu erklären.</li> <li>• Konsequenzen alternativer Maschinenkonzepte (Parallelkinematiken, modulare Maschinen) zu erläutern.</li> <li>• Werkzeugmaschinen als IT-Komponenten (horizontale und vertikale Integration und Kommunikation) darzustellen.</li> <li>• Mechatronische Systeme im allg. Maschinenbau anzuwenden und die Konzepte der Werkzeugmaschine auf andere Maschinenbau-Applikationen zu übertragen.</li> </ul> |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                                          |                 |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95340 | <b>Automotive Engineering I</b><br>Automotive engineering                                | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Automotive Engineering 1 (2 SWS)                                              | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Jean-Marc Gales<br>Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Dr.-Ing. Alexander Kühl<br>Jan Fröhlich |                 |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Das Modul ist an alle ingenieurwissenschaftliche Studiengänge und Studierenden mit Interesse an einer Tätigkeit in der Automobilindustrie oder deren Umfeld gerichtet. Es werden die Themen der Produktentstehung bis zur Fertigung und Vertrieb beleuchtet. Dabei wird der Aspekt des interdisziplinären Agierens aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt.</p> <p>Zum einen werden Einblicke in die technische, konstruktive Umsetzung von wesentlichen Elementen eines Automobils gestreift, zum anderen sollen aber auch strategische und betriebswirtschaftlich bestimmende Größen vermittelt und deren Bedeutung für den Ingenieur vertieft werden. Ziel ist es ein Gesamtverständnis für den Komplex der Automobilindustrie zu vermitteln.</p> <p>Das Automobil ist zunehmend eines der komplexesten Industriegüter. Es ist geprägt durch gesellschaftliche Anforderungen, gesetzliche Restriktionen und unterschiedlichste Markt- und Kundenwünschen weltweit.</p> <p>Lernen Sie die Herausforderungen für die Ingenieurwissenschaften in der Automobilindustrie kennen, die Zusammenhänge verstehen und die Lösungen zu erarbeiten.</p> <p>Folgende thematischen Schwerpunkte werden im Modul behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über die Abläufe und Rahmenbedingungen für die Entwicklung in der Automobilindustrie.</li> <li>• Die Produktentstehung</li> <li>• Der Produktionsprozess in der Automobilindustrie</li> <li>• Integrierte Absicherung</li> <li>• Handelsorganisation: Markteinführung, Marketingkonzepte, Service und Aftermarket Strategien</li> <li>• Elektrifizierung, Hybrid, alternative Antriebe</li> <li>• Elektronik im Fahrzeug: Fahrerassistenz, Navigation, Kommunikation</li> <li>• Neue Technologien für die Herstellung von Karosserien</li> <li>• Passive und aktive Sicherheit. Trend und Markttendenzen, technische Lösungen</li> <li>• Entwicklung der Fahrdynamik</li> <li>• IT-Systeme in der Automobilindustrie</li> <li>• Spitzenleistungen als faszinierende Herausforderungen (Designstudien, Experimentalfahrzeuge, Rennsport)</li> <li>• Qualitätsmanagement</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einen Überblick über die Produktentstehung bin hin zur Serienentwicklung zu geben</li> <li>• Die Produktionsprozesse im Automobilbau zu verstehen</li> <li>• Supportprozesse wie die integrierte Absicherung zu verstehen</li> <li>• Die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Antriebstechnologien zu nennen</li> <li>• Einen Überblick von Elektrik und Elektronik im Fahrzeug zu haben</li> <li>• Einflüsse auf die Fahrzeugdynamik zu verstehen</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 30 h</p> <p>Eigenstudium: 45 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95350 | <b>Mechatronische Systeme im Maschinenbau II</b><br>Mechatronic systems in mechanical engineering II                                                                                  | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Aktuelle Innovationsthemen der Mechatronik am Beispiel Werkzeugmaschine: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condition Based Maintenance als Beispiel für Internet-based Manufacturing Services</li> <li>• Integrierte, softwarebasierte Sicherheitstechnik</li> <li>• Simulationswerkzeuge zur Optimierung von Entwicklung und Einsatz von Werkzeugmaschinen</li> </ul> Mechatronische Systeme im allgemeinen Maschinenbau:<br>Übertragung der Konzepte d. Werkzeugmaschine auf andere Maschinenbau-Applikationen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druckmaschinen als Beispiel modularer Maschinenkonzepte</li> <li>• Kunststoffmaschinen als Beispiel für kombinierte Bewegungs- und Prozessführung</li> <li>• Mechatronische Systeme in der medizinischen Bildgebung (Exkursion)</li> </ul> |  |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Nach Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektronische Sicherheitstechnik in mechatronischen Systemen darzustellen und zu erläutern.</li> <li>• mechatronische Systemoptimierung für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen durch steuerungs-basierte Kompensation durchzuführen.</li> <li>• mechatronische Systemoptimierung durch Simulation durchzuführen.</li> <li>• Condition Based Maintenance als Beispiel für Internet-based Manufacturing Services zu erklären.</li> <li>• eine mechatronische Analyse unterschiedlicher Maschinen durchzuführen.</li> <li>• Anforderungen von mechatronischen Systemen zu bestimmen und sie zu entwickeln.</li> </ul>                                                                                    |  |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96905 | <b>Ressourceneffiziente Produktionssysteme</b><br>Resource-efficient production systems                                                                                               | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Nico Hanenkamp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieerzeuger und Energieverbraucher in der Produktion</li> <li>• Stoff- und Energiestrommodellierung</li> <li>• Energiemanagement in der Produktion</li> <li>• Energiedatenerfassung</li> <li>• Informationstechnik zur Ressourceneffizienz</li> <li>• Materialeffizienz und Abfallmanagement</li> <li>• Produktbilanzierung</li> <li>• Planung von Produktionsanlagen</li> <li>• Fabrikplanung</li> <li>• Technische Gebäudeausrüstung</li> <li>• Führungsinstrumente für das Ressourcenmanagement</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen<br/>Die Studenten/Studentinnen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Energieträger innerhalb der Fertigung</li> <li>• kennen Energieerzeuger, Wandler und Verbraucher</li> <li>• kennen die Gestaltungsrichtlinien eines Energiewertstroms</li> <li>• kennen die DIN EN ISO 50001 zum Energiemanagement</li> <li>• kennen die bedeutendsten Maschinenelemente zur Steigerung der Ressourceneffizienz von Produktionsanlagen</li> <li>• kennen ressourceneffiziente Komponenten zur Gebäudeausrüstung</li> </ul> <p>Verstehen<br/>Die Studenten/Studentinnen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Anwendung von Sankey Diagrammen</li> <li>• verstehen die Ökobilanz und Carbon Footprint</li> <li>• verstehen die Messtechnik zur Ermittlung von Energiedaten</li> <li>• verstehen das Management von Energiedaten innerhalb der Automatisierungspyramide</li> <li>• verstehen die Bedeutung der Materialeffizienz</li> <li>• verstehen die Ökodesign-Richtlinie der EU</li> <li>• verstehen die Vorgehensweise zur ressourceneffizienten Planung einer Fabrik</li> <li>• verstehen Führungsinstrumente für das Ressourcenmanagement</li> </ul> <p>Anwenden<br/>Die Studenten/Studentinnen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können einen Energiewertstrom aufnehmen</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die richtigen Messmittel zur Aufnahme von Energiedaten auswählen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich<br>Klausur, Dauer (in Minuten): 60<br>wird als elektronische Prüfung durchgeführt                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)<br>Klausur, 100 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neugebauer R. Handbuch Ressourcenorientierte Produktion; 2014 Carl Hanser Verlag München Wien</li> <li>• Hopf H. Methodik zur Fabriksystemmodellierung im Kontext von Energie- und Ressourceneffizienz; 2016 Springer Fachmedien Wiesbaden</li> <li>• Grundig C. Fabrikplanung Planungssystematik- Methoden- Anwendungen; 2015 Carl Hanser Verlag München</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                            |                      |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96910 | <b>Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine</b><br>Basics in machine tools                                                      | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine - WZM (2 SWS)<br>Übung: Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine - Übung (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Nico Hanenkamp<br>Jan Selzam                                                                                     |                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Nico Hanenkamp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung und Historische Entwicklung</li> <li>• Einteilung der Werkzeugmaschinen</li> <li>• Anforderungen an Werkzeugmaschinen</li> <li>• Umformende Werkzeugmaschinen</li> <li>• Spanende Maschinen mit geometrisch bestimmter Schneide und unbestimmter Schneide</li> <li>• Abtragende Maschinen, Lasermaschinen, verzahnende Maschinen, Mehrmaschinensysteme, Peripherie</li> <li>• Auslegung von Gestellen und Gestellbauteilen</li> <li>• Führungen und Lager</li> <li>• Hauptspindeln</li> <li>• Das Vorschubsystem</li> <li>• Steuerungs- und Regelungssystem</li> <li>• Zusammenfassung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen<br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die verschiedenen Anforderungen an Werkzeugmaschinen</li> <li>• kennen unterschiedliche Werkzeugmaschinen der DIN 8580 Umformen, Trennen und Fügen</li> <li>• kennen die einzelnen Elemente einer Werkzeugmaschine</li> <li>• kennen verschiedene Bauformen von Werkzeugmaschinen</li> <li>• kennen Werkstoffe, Bauformen und Anforderungen an Gestelle</li> <li>• kennen unterschiedliche Antriebskonzepte</li> </ul> <p>Verstehen<br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen die Definition und Kennzeichen einer Werkzeugmaschine nach DIN 69651</li> <li>• Verstehen die Bedeutung der nationalen und internationalen Werkzeugmaschinenindustrie</li> <li>• Verstehen die verschiedenen Anforderungen an Werkzeugmaschinen</li> <li>• Verstehen die Maschinenkonzepte in Anlehnung an die DIN 8580</li> <li>• Verstehen die Aufgaben von Gestellen, Haupt- und Nebenantrieben, Führungen und der Maschinensteuerung</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen die Grundlagen der Schmierung und Reibung in Führungssystemen</li> <li>• Verstehen die Funktionsprinzipien verschiedener Führungssysteme</li> <li>• Verstehen die Funktionsweise verschiedener Motoren</li> <li>• Verstehen die unterschiedlichen Lagerungskonzepte für bewegte Elemente der Werkzeugmaschine</li> </ul> <p>Anwenden</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Können die wesentlichen Elemente der Werkzeugmaschine auslegen (Hauptantrieb, Führung, Vorschub, Gestell)</li> <li>• Können die Komplexität der Anforderungen an Werkzeugmaschinen diskutieren</li> <li>• Können den Antriebsstrang einer Werkzeugmaschine in die einzelnen Bestandteile zerlegen</li> <li>• Können Anforderungen aus einem gegebenen Fertigungsprozess an die Werkzeugmaschine ableiten</li> <li>• Können die Ursachen von Ratterschwingungen in Werkzeugmaschinen analysieren</li> <li>• Können den optimalen Lagerabstand für Hauptantriebe berechnen</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (60 Minuten)<br>Klausur, 60 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)<br>Klausur, 100 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Hirsch, Andreas: Werkzeugmaschinen: Grundlagen, Auslegung, Ausführungsbeispiele. Springer Verlage 2012.</p> <p>Brecher, C., Weck, M.: Werkzeugmaschinen. Band 1 bis 5. Springer Verlag.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96915 | <b>Produktionsprozesse der Zerspanung</b><br>Production processes in machining                                                                                                        | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Nico Hanenkamp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | Das Modul behandelt inhaltlich das in DIN 8580 klassifizierte Fertigungsverfahren Trennen und im speziellen die in DIN 8589 spezifizierten Prozesse der Zerspanung (Drehen, Bohren, Senken, Reiben, Fräsen, Hobeln, Stoßen, Räumen, Sägen, Feilen, Raspeln, Bürstspanen, Schaben, Meißeln Schleifen, Honen, Läppen und Gleitspanen). Des Weiteren werden allgemeine Grundlagen zur Zerspanung (Spanentstehung, Spankräfte, Bewegungsgrößen) und prozessuale Spezifikationen (Kühlschmierstoffe, Schneidstoffe, Werkzeugmaschinen, Spannzeuge) vermittelt. Das erlernte Wissen soll durch die Erstellung eines Fertigungskonzepts für ein bestimmtes Produkt angewendet werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse zu den Fertigungsprozessen nach DIN 8589</li> <li>• Die Studierenden erwerben Kenntnisse über werkstoffwissenschaftliche Aspekte und Werkstoffeigenschaften sowie Werkstoffverhalten vor und nach den jeweiligen Bearbeitungsprozessen</li> <li>• Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozessführung sowie spezifische Eigenschaften der Produktionsverfahren</li> <li>• Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Prozessverständnis hinsichtlich der wirkenden Mechanismen</li> <li>• Die Studierenden erhalten grundlegende Kenntnisse im Bereich der Produktentwicklung und Produktauslegung (Verfahrensmöglichkeiten, Verfahrensgrenzen, Designeinschränkungen, etc.)</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die grundlegenden Prinzipien von Fertigungsprozessen und der Systemauslegung zu verstehen</li> <li>• Die Studierenden können die Zerspanungsprozesse unterscheiden.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden können die verschiedenen Fertigungsverfahren erkennen und normgerecht differenzieren</li> </ul> </li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (90 Minuten)<br>Klausur, Dauer (in Minuten): 90               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)<br>Klausur, 100 %                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                                           |                      |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96920 | <b>Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz</b><br>Efficiency in production and operative excellence                                            | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz - OPEX (2 SWS)<br>Übung: Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz - Übung (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Nico Hanenkamp<br>Mohammad Banihani                                                                                                             |                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr. Nico Hanenkamp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wertstromanalyse und Wertstromdesign</li> <li>• JIT Produktionssystem</li> <li>• Austaktung von Prozessen</li> <li>• Rüstzeitreduzierung mit SMED</li> <li>• Shopfloor Management</li> <li>• Systematische Problemlösung</li> <li>• 5S Methode</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen<br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Parameter die während einer Wertstromanalyse aufgenommen werden</li> <li>• kennen die Ursachen für Nachfrageschwankungen in der Produktion</li> <li>• kennen die Position des Shopfloor Managements in der Unternehmensstruktur</li> <li>• kennen die Kernelemente eines schlanken Unternehmens</li> </ul> <p>Verstehen<br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen das JIT Produktionssystem</li> <li>• verstehen den Unterschieden zwischen Tätigkeit mit Verschwendung und mit Wertzuwachs</li> <li>• verstehen den Ablauf einer Wertstromanalyse</li> <li>• verstehen den Unterschied zwischen auftragsbezogener und anonymer Bestellung</li> <li>• verstehen die Materialflussprinzipien entsprechend des LEAN Gedanken</li> <li>• verstehen den Unterschied zwischen einer Push- und Pull-Steuerung</li> <li>• verstehen die Definition von Rüstzeit und die Folgen hoher Rüstzeit</li> <li>• verstehen die Ursachen der Nivellierung der Produktion</li> <li>• verstehen das Arbeitsverteilungsdiagramm</li> <li>• verstehen die sieben Verschwendungsarten</li> <li>• verstehen die Ziele und die Voraussetzungen des Shopfloor Managements</li> <li>• verstehen den PDCA - Zyklus</li> </ul> <p>Anwenden</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die 5S Methode und können diese selbstständig inklusive der dafür benötigten Werkzeuge in der Praxis anwenden.</li> <li>• können den Kundentakt und die benötigte Mitarbeiteranzahl berechnen</li> <li>• können eine Wertstromanalyse eigenständig durchführen und dokumentieren</li> <li>• können einen Wertstrom optimieren und ein Soll-Wertstromdesign gestaltet.</li> <li>• können eigenständig die Rüstzeit eines Prozesses durch die SMED Methode (inklusive der enthaltenen Werkzeuge) in der Praxis reduzieren.</li> <li>• können die Austaktung mehrerer Prozesse im Wertstrom vornehmen (inklusive Zykluszeitermittlung, Taktabstimmendiagramm, etc.)</li> <li>• können die vier Kernaktivitäten des Shopfloor Managements durchführen und diese systematisch überwachen</li> <li>• können die FQA- Methode anwenden inklusiver der enthaltenen Werkzeuge</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | schriftlich oder mündlich (90 Minuten)<br>schriftliche Klausur, 90 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | schriftlich oder mündlich (100%)<br>Klausur, 100 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | K. Erlach, Wertstromdesign. Springer Berlin Heidelberg, 2010.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|   |                                  |                                                  |               |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97086 | <b>Gießereitechnik 1</b><br>Casting technology 1 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Gießereitechnik 1 (6 SWS)   | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller                  |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen der Gießereitechnik</li> <li>• Gusslegierungen und Legierungselemente</li> <li>• Gießverfahren mit Dauerformen: Druckguss, Thixomolding</li> <li>• Werkzeugtechnologie im Bereich der Dauerformverfahren</li> <li>• Feinguss unter Einbeziehung additiver Verfahren</li> <li>• Kopplung von Prozess- und Bauteileigenschaften</li> <li>• Gieß- und bearbeitungsgerechtes Konstruieren</li> <li>• Advanced Technologies im Bereich Gießereitechnik</li> <li>• Ansätze für nachhaltigere Gießereiverfahren/ Gussbauteile</li> <li>• Qualitätssicherung und Prüfverfahren von Gussbauteilen</li> <li>• Fügetechnik von Gussbauteilen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz<br/>Wissen</p> <p>Im Rahmen von GTK1 erwerben die Studierenden grundlegende verfahrens-, werkstoff- und prüftechnische Kenntnisse der gießtechnischen Verfahren. Außerdem sollen konstruktive und umwelttechnische Aspekte der Gießverfahren vermittelt werden, um die Studierenden zu befähigen sich an zukunftsorientierten Entwicklungen im Bereich der Gießereitechnik zu beteiligen.</p> <p>Die zu vermittelnden Kenntnisse sind im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissen über die grundlegenden Vorgänge bei der Erstarrung von Metallschmelzen auf unterschiedlichen Skalierungsebenen und im Zusammenhang mit der entstehenden Morphologie des Gefüges, den damit verbundenen Eigenschaften des Bauteils sowie des Formfüllverhaltens und des Wärmeübergangs.</li> <li>• Wissen über die Nomenklatur, Unterteilung und Hauptgruppen von Aluminiumlegierungen sowie den Einflüssen bestimmter Legierungselemente und industriell üblicher Legierungen für bestimmte Anwendungsfelder.</li> <li>• Wissen über Abläufe und Anpassungsmöglichkeiten des Druckguss- und Thixomolding-Verfahrens im Hinblick auf verfahrenstechnische Besonderheiten (Formfüllung, Trennstoffe, Legierungsreinigung, Wärmeübergänge)</li> <li>• Wissen über prozessspezifische Anforderungen und Auslegungskriterien sowie sensorischer Applikationen und konstruktiven Neuerungen (z.B. Leichtbauwerkzeuge) innerhalb der Werkzeugtechnologie im Bereich der Dauerformverfahren</li> <li>• Wissen über die Einordnung des Feingusses nach dem Wachsausschmelzverfahren sowie über die Möglichkeiten und Abgrenzung additiver Modellherstellung zur konventionellen</li> </ul> |

Modellherstellung, als auch hinsichtlich der Anforderungen und Wechselwirkungen zwischen Modell- und Formwerkstoff und Zukunftspotential des Verfahrens im Hinblick auf die Additive Fertigung von Metallbauteilen.

- Wissen über die Kopplung von Prozesscharakteristika und Bauteileigenschaften hinsichtlich der unterschiedlichen Wirkungsketten und Prozesseinflüsse sowie die Ursachen und Auswirkungen prozessbedingter Imperfektionen.
- Wissen über Grundlagen und verfahrensspezifische Gestaltungsrichtlinien für das gieß- und bearbeitungsgerechte Konstruieren von metallischen Gussbauteilen.
- Wissen über Neuerungen und aktuelle Entwicklungen im Bereich der Gießtechnik im Hinblick auf aktuelle und zukünftige Schlüsseltechnologien (Micro Casting, Bulk Metals, Vakuumfeinguss)
- Wissen hinsichtlich aktueller Ansätze zur Gestaltung und Umsetzung nachhaltigerer Gießverfahren und Gussbauteilen mit dem Fokus auf Elektrifizierung der Gießaggregate und Wasserstoffeinbindung sowie den Umweltaspekten der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung.
- Wissen über gängige Prüfverfahren zur Qualitätssicherung von Gussbauteilen ()
- Wissen über die prozesstechnischen Grundlagen, Anforderungen und Möglichkeiten fügetechnischer Verfahren in Bezug auf die Anbindung von Gussbauteilen (Klebertechnologie, Schweißen von Gussbauteilen, Hybridguss)

#### Verstehen

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Lehrveranstaltung GTK1 verfügen die Studierenden über Verständnisse hinsichtlich der prozesstechnischen, werkstofftechnischen und konstruktiven Einflussfaktoren des Gussbauteilverhaltens sowie deren Abhängigkeiten bei der Gestaltung und Auslegung von Gießprozessen und Gussbauteilen von der Bauteilplanung bis zur Qualitätskontrolle und Weiterverarbeitung des Gussbauteils.

Hierbei stehen besonders die folgenden Verständnisse im Fokus:

- Verständnis über die Erstarrungs- und Fließprozesse beim Gießen von Metallschmelzen sowie deren Wechselwirkung untereinander und mit dem Wärmeübergang zwischen Bauteil und Form sowie der Ausbildung des Gefüges
- Verständnis über die Unterteilung und Bezeichnung der verschiedenen Aluminiumlegierungen sowie deren unterschiedlichen Legierungselemente und Anwendungen, als auch die Einflüsse und Wechselwirkungen verschiedener Legierungselemente
- Verständnis hinsichtlich des Prozesses und der Peripherie von Druckguss- und Thixomolding-Verfahren sowie

verfahrensspezifischer Besonderheiten und Restriktionen hinsichtlich Bauteil- und Werkzeugauslegung.

- Verständnis über die Anforderungen und prozessbedingten Anpassungen der Dauerformwerkzeuge bis zur Anwendung von Leichtbauaspekten
- Verständnis hinsichtlich der Kopplung von Prozesscharakteristika und Bauteileigenschaften von der Prozessstabilität bis zu Wirkungsketten von prozessbedingten Imperfektionen
- Verständnis über die Hintergründe und Grenzen bei der Gestaltung gieß- und bearbeitungsgerechter Gussbauteile
- Verständnis hinsichtlich der prozesstechnischen Grundlagen und Möglichkeiten zukunftsorientierter Entwicklungsansätze in der Gießereitechnik
- Verständnis über die prozesstechnische Umsetzung und technischen Hintergründe aktueller Ansätze nachhaltigerer Gießverfahren und Gussbauteilen sowie das Verständnis über die Prozesskette der Aluminiumverarbeitung von Gewinnung bis Rückführung und möglicher Ansatzpunkte zukünftiger Entwicklungen
- Verständnis über die technischen Hintergründe und Grenzen der angewendeten Prüfverfahren im Hinblick auf die untersuchten Qualitätsfaktoren
- Verständnis hinsichtlich der Verfahrensgrundlagen und Anwendungsfelder sowie den Restriktionen und Problemstellungen der fügetechnischen Einbindung von Gussbauteilen

#### Anwenden

Die Studierenden wenden im Rahmen von Übungsaufgaben Gelerntes an. Dabei wägen sie entsprechend gegebenen Rahmenbedingungen Material-, Verfahrens- und Bauteilgestaltungsansätze ab und legen geeignete Prüf- und Fügeverfahren fest.

Die Vorlesung soll dazu befähigen, erworbenes Wissen anzuwenden mit dem Ziel einer weiteren Vertiefung der folgenden Aspekte:

- Legierungsauswahl entsprechend Bauteil-, Prozess- und Umwelanforderungen
- Auswahl geeigneter Gießprozesse entsprechend gegebener Randbedingungen
- Bauteilgestaltung unter Berücksichtigung der Gießverfahren sowie nachgeschalteter Bearbeitungs- bzw. Handhabungsprozesse
- Auswahl geeigneter Prozesstechnik zur Vermeidung von Bauteildefekten/ Prozessinstabilität
- Auswahl geeigneter Prüfmethoden für unterschiedliche Bauteilanforderungen
- Umsetzung von Strategien zur Erzielung einer höheren Nachhaltigkeit an einem gegebenen Fallbeispiel
- Auslegung einer geeigneten Fügetechnik um Berücksichtigung anwendungsspezifischer Randbedingungen

- Transfer/Adaption bestehender Prozesskenntnisse auf zukünftige Anwendungsgebiete, Berücksichtigung aktueller Limitierungen anhand konkreter Fallbeispiele

#### Analysieren

- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Produktionstechnik 1 zu erwerbenden Kompetenzen über Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Urformen nach DIN 8580, im Besonderen zur Gießereitechnik
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Fertigungsmesstechnik 1 zu erwerbenden Kompetenzen über Toleranzen in der Gießereitechnik
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Fertigungsmesstechnik 2 zu erwerbenden Kompetenzen über Verfahren zur Qualitätssicherung und Messtechnik in der Gießereitechnik
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Technische Produktgestaltung zu erwerbenden Kompetenzen über das gieß- und bearbeitungsgerechte Konstruieren
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Ressourceneffiziente Produktionssysteme zu erwerbenden Kompetenzen über Strategien zur nachhaltigen Prozessgestaltung mit dem Fokus auf Ansätze für nachhaltigere Gießverfahren
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Metallische Werkstoffe: Grundlagen zu erwerbenden Kompetenzen über die werkstoffkundlichen Grundlagen im Bereich NE-Metalle

#### Evaluieren (Beurteilen)

Anhand der erlernten Gießverfahren sowie deren Verfahrensgrundlagen und Besonderheiten, den verschiedenen Aspekten des Materialverhaltens, dargelegt im Rahmen der Legierungszusammensetzung, der Werkzeugauslegung und der Prozessbedingten Bauteileinflüsse, und kontextbezogene Richtlinien für die Gestaltung gusstechnischer Produkte sind die Studierenden in der Lage die Bauteilauslegung im Hinblick auf Material-, Verfahrenswahl und Gestaltung des Bauteils, bzw. des Werkzeugs, unter Berücksichtigung von bestimmten Prozesscharakteristika bezüglich der Anwendbarkeit einzuschätzen. Außerdem können sie die Anwendung verschiedener Gießverfahren für gegebene Rahmenbedingungen untereinander und mit anderen Fertigungsverfahren abwägen.

Ebenso sind sie fähig potentielle Ansatzpunkte für eine nachhaltigere Gießprozessentwicklung zu identifizieren und mögliche Umsetzung anhand der gegebenen Rahmenbedingungen umzusetzen.

#### Erschaffen

Die Studierenden werden durch die erlernten Verfahren, Ansätze und Zusammenhänge befähigt, konkrete Verbesserungsvorschläge zu bestehenden Gießverfahren, bzw. Gussbauteilen, hinsichtlich unterschiedlichster prozess-, werkstoff-, umwelttechnischer Aspekte eigenständig zu erarbeiten. Zudem sind sie in der Lage gusstechnische

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>Bauteile für verschiedenste Anwendungsfelder und gießtechnische Herstellungsverfahren zu gestalten. Des Weiteren sind sie im Stande Bauteilschwachstellen zu identifizieren und Abhilfestrategien zu erarbeiten. Darüber hinaus werden die Studierenden in die Lage versetzt, Gestaltungsrichtlinien und Prozessschwerpunkte für neuartige Gießverfahren aus grundlegenden Verfahrenseigenschaften abzuleiten und bei der Gestaltung gießtechnischer Produkte anzuwenden.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz<br/>Befähigung zur selbständigen Gestaltung von gusstechnischen Produkten und Gießprozessen gemäß erlernten Restriktionen sowie Beurteilung vorhandener Optimierungspotentiale hinsichtlich prozess-, material- und umwelttechnischer Aspekte anhand der erlernten Bewertungsschemata.</p> <p>Selbstkompetenz<br/>Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung. Objektive Beurteilung sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen in fachlicher Hinsicht.</p> <p>Sozialkompetenz<br/>Die Studierenden organisieren selbstständig die Bearbeitung von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen und erarbeiten gemeinsam Lösungsvorschläge für die gestellten Übungsaufgaben. In der gemeinsamen Diskussion erarbeiteter Lösungen geben Betreuer und Kommilitonen konstruktive Rückmeldungen.</p> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel (120 Minuten)<br>Klausur, Dauer (in Minuten): 120                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)<br>Klausur, 100%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                                                                                     |                      |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97101 | <b>Produktionssystematik</b><br>Production systems                                                                                  | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Übung: Übung zu Produktionssystematik (2 SWS)<br>Vorlesung: Produktionssystematik (2 SWS)                                           | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | David Kunz<br>Simon Schlichte<br>Martin Barth<br>Andreas Morello<br>Baris Albayrak<br>Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Simon Lamprecht |                      |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Das Modul Produktionssystematik thematisiert die gesamte Bandbreite der technischen Betriebsführung von der Planung, Organisation und technischen Auftragsabwicklung bis hin zu Fragen des Management und der Personalführung, Entlohnung sowie Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. Im Rahmen dieses Moduls findet eine Vorlesung und eine Übung statt.                                                                                                                                            |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Nach einem Besuch der Vorlesung Produktionssystematik sollen die Studierenden in der Lage sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele, Strategien, Vision und Mission der Unternehmen beurteilen zu können;</li> <li>• sich in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmen zurecht zu finden;</li> <li>• die Inhalte der wesentlichen Kernprozesse produzierender Unternehmen zu kennen;</li> <li>• die technische und administrative Auftragsabwicklung nachzuvollziehen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                             |         |
|----|---------------------------------------------|---------|
| 15 | <b>Unterrichts- und<br/>Prüfungssprache</b> | Deutsch |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                    |         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97121 | <b>Handhabungs- und Montagetechnik</b><br>Industrial handling and assembly technology                                                                                                 | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | Im Vertiefungsfach Handhabungs- und Montagetechnik wird die gesamte Verfahrenskette von der Montageplanung bis zur Inbetriebnahme der Montageanlagen für mechanische sowie elektrotechnische Produkte aufgezeigt. Einleitend erfolgt die Darstellung von Planungsverfahren sowie rechnergestützte Hilfsmittel in der Montageplanung. Daran schließt sich die Besprechung von Einrichtungen zur Werkstück- und Betriebsmittelhandhabung in flexiblen Fertigungssystemen und für den zellenübergreifenden Materialfluß an. Desweiteren werden Systeme in der mechanischen Montage von Klein- und Großgeräten, der elektromechanischen Montage und die gesamte Verfahrenskette in der elektrotechnischen Montage diskutiert (Anforderung, Modellierung, Simulation, Montagestrukturen, Wirtschaftlichkeit etc.). Abrundend werden Möglichkeiten zur rechnergestützten Diagnose/Qualitätssicherung und Fragestellungen zu Personalmanagement in der Montage und zum Produktrecycling/-demontage behandelt. |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Die Studierenden sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Montagefreundlichkeit von Produkten zu beurteilen und zu verbessern,</li> <li>• Montage- und Handhabungsprozesse zu beurteilen, auszuwählen und zu optimieren,</li> <li>• die dazu erforderlichen Geräte, Vorrichtungen und Werkzeuge zu bewerten, und</li> <li>• Montageprozesse sowie -systeme zu konzipieren, zu planen und weiterzuentwickeln.</li> </ul> <p>Dieses Wissen ist vor allem in den Bereichen Produktentwicklung, Konstruktion, Produktionsmanagement, Fertigungsplanung, Einkauf, Vertrieb und Management sowie in allen industriellen Branchen (z. B. Automobilbau, Elektrotechnik, Medizintechnik, Maschinen- und Anlagenbau) erforderlich.</p>                                                                                                                                                                                                                                              |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9 | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldmann, Klaus; Schöppner, Volker; Spur, Günter (Hg.) (2014): Handbuch Fügen, Handhaben, Montieren. 2., vollständig neu bearbeitete Auflage. München: Hanser.</li> <li>• Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (2012): Montage in der industriellen Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.</li> <li>• Rainer Müller, Jörg Franke, Dominik Henrich, Bernd Kuhlenkötter, Annika Raatz, Alexander Verl (Hg.) (2019): Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration: Hanser Fachbuchverlag.</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97122 | <b>Produktionsprozesse in der Elektronik</b><br>Production processes in electronics                                                                                                   | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | Die Vorlesung Produktionsprozesse in der Elektronik behandelt die für die Produktion von elektronischen Baugruppen notwendigen Prozesse, Technologien und Materialien entlang der gesamten Fertigungskette. Dabei wird ausgehend vom Layoutentwurf der Leiterplatte auf die Prozessschritte zur fertigen elektronischen Baugruppe eingegangen. Zudem werden die notwendigen Aspekte der Qualitätssicherung und Materiallogistik und auch das Recycling behandelt. Ergänzend werden die Fertigungsverfahren für MEMS und Solarzellen sowie für flexible und dreidimensionale Schaltungsträger betrachtet. Die Übung findet im Rahmen von mehreren Exkursionen zu verschiedenen Unternehmen der Elektronikproduktion statt. |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die wesentlichen Prozessschritte zur Herstellung elektronischer Baugruppen (von der Leiterplatte bis zum fertigen Produkt) intensiv kennen.</li> <li>• können mit diesem Wissen Konzepte für effiziente Fertigungsketten der Elektronikproduktion unter Berücksichtigung technologischer sowie produktionstechnischer Aspekte ableiten.</li> <li>• lernen die in der Elektronikproduktion eingesetzten lasergestützten Fertigungstechnologien detailliert kennen und sind in der Lage, mit den vermittelten Kenntnissen Konzepte für den Aufbau einer lasergestützten Fertigung von Elektronikkomponenten zu entwickeln.</li> </ul>                      |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichnamiges Vorlesungsskript</li> <li>• Franke, Jörg (2013): Räumliche elektronische Baugruppen (3D-MID). Werkstoffe, Herstellung, Montage und Anwendungen für spritzgegossene Schaltungsträger. München: Hanser. Online verfügbar unter <a href="http://www.hanser-elibrary.com/action/showBook?doi=10.3139/9783446437784">http://www.hanser-elibrary.com/action/showBook?doi=10.3139/9783446437784</a>.</li> <li>• Härter, Stefan (2020): Qualifizierung des Montageprozesses hochminiaturisierter elektronischer Bauelemente. FAU University Press.</li> <li>• Kästle, Christopher (2019): Qualifizierung der Kupfer-Drahtbondtechnologie für integrierte Leistungsmodule in harschen Umgebungsbedingungen. Doctoralthesis. FAU University Press. Online verfügbar unter <a href="https://opus4.kobv.de/opus4-fau/frontdoor/index/index/docId/10812">https://opus4.kobv.de/opus4-fau/frontdoor/index/index/docId/10812</a>.</li> <li>• Kuhn, Thomas (2020): Qualität und Zuverlässigkeit laserdirektstrukturierter mechatronisch integrierter Baugruppen (LDS-MID). FAU University Press.</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                       |               |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97123 | <b>Integrated Production Systems</b><br>Integrated production systems | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Integrated Production Systems (vhb) (4 SWS)      | 5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Bernd Hofmann                           |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concepts and Success Factors of Holistic Production Systems</li> <li>• Production organization in the course of time</li> <li>• The Lean Production Principle (Toyota Production System)</li> <li>• The 7 Types of Waste (Muda) in Lean Production</li> <li>• Visual management as a control and management instrument</li> <li>• Demand smoothing as the basis for stable processes</li> <li>• Process synchronization as the basis for capacity utilization</li> <li>• Kanban for autonomous material control according to the pull principle</li> <li>• Empowerment and group work</li> <li>• Lean Automation - "Autonomation"</li> <li>• Fail-safe operation through Poka Yoke</li> <li>• Total Productive Maintenance</li> <li>• Value stream analysis and value stream design</li> <li>• Workplace optimization (lean manufacturing cells, U-Shape, Cardboard Engineering)</li> <li>• OEE analyses to increase the degree of utilization</li> <li>• Quick Setup (SMED)</li> <li>• Implementation and management of the continuous improvement process (CIP, Kaizen)</li> <li>• Overview of quality management systems (e.g. Six Sigma, TQM, EFQM, ISO9000/TS16949) and analysis tools for process analysis and improvement (DMAIC, Taguchi, Ishikawa)</li> <li>• administrative waste</li> <li>• Specific design of the TPS (e.g. for flexible small-batch production) and adapted implementation of selected international corporations</li> </ul> |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After successfully attending the course, students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the importance of holistic production systems;</li> <li>• Understand and evaluate Lean Principles in their context;</li> <li>• to evaluate, select and optimise the necessary methods and tools;</li> <li>• To be able to carry out simple projects for the optimisation of production and logistics on the basis of what has been learned in a team.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |

|    |                                         |                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                              |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                                                                                    |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | in jedem Semester                                                                                                                                 |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                          |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                                                                                   |

|   |                                  |                                                                                                                                                  |                          |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97141 | <b>Kunststoff-Eigenschaften und -Verarbeitung</b><br>Properties and processing of plastics                                                       | <b>5 ECTS</b>            |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Kunststoffe und ihre Eigenschaften (2 SWS, WiSe 2024)<br><br>Vorlesung mit Übung: Kunststoffverarbeitung (2 SWS, SoSe 2025) | 2,5 ECTS<br><br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                   |                          |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>[*Inhalt: Kunststoffe und ihre Eigenschaften*]<br/> Das Modul Kunststoffe und ihre Eigenschaften stellt aufbauend auf die Vorlesung Werkstoffkunde die verschiedenen Kunststoffe und ihre spezifischen Eigenschaften vor.<br/> Beginnend werden Grundlagen zur Polymerchemie und -physik erläutert. Teile dieses Inhalts sind unter anderen die verschiedenen Polymersynthese-Reaktionen, molekulare Bindungskräfte, Strukturmerkmale und thermische Umwandlungen von Kunststoffen.<br/> Anschließend werden die Verarbeitungseigenschaften von Thermoplasten im Überblick dargestellt. Der Hauptteil der Vorlesung befasst sich mit den verschiedenen Kunststoffen und ihren spezifischen Eigenschaften und Merkmalen.<br/> Die behandelten Kunststoffe sind insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polyolefine</li> <li>• Duroplaste</li> <li>• Elastomere</li> <li>• Polyamide und Polyester</li> <li>• Amorphe/ optische Kunststoffe</li> <li>• Hochtemperaturkunststoffe</li> <li>• Faserverbundwerkstoffe</li> <li>• Klebstoffe</li> <li>• Hochgefüllte Kunststoffe</li> </ul> <p>Abschließend wird ein grober Überblick über die Aufbereitung von Kunststoffen und die dabei verwendeten Verfahren, Maschinen, Werkstoffe, Füllstoffe und Additive gegeben.<br/> [*Inhalt: Kunststoffverarbeitung*]<br/> Das Modul Kunststoffverarbeitung führt aufbauend auf das Modul Werkstoffkunde in die Verarbeitung von Kunststoffen ein.<br/> Zum Verständnis werden eingangs wiederholend die besonderen Eigenschaften von Polymerschmelzen erklärt und die Schritte der Aufbereitung vom Rohgranulat zum verarbeitungsfähigen Kunststoff erläutert.<br/> Anschließend werden die folgenden Verarbeitungsverfahren vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrusion</li> <li>• Spritzgießen mit Sonderverfahren wie z. B. Mehrkomponententechnik</li> <li>• Pressen</li> <li>• Warmumformen</li> <li>• Schäumen</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung von Hohlkörpern</li> <li>• Additive Fertigung</li> </ul> <p>Hier wird neben der Verfahrenstechnologie und den dafür benötigten Anlagen auch auf die Besonderheiten der Verfahren eingegangen sowie jeweils Kunststoffbauteile aus der Praxis vorgestellt. Abschließend werden die Verbindungstechnik bei Kunststoffen und das Veredeln von Kunststoffbauteilen erläutert.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen zu den Kunststoffen.</li> <li>• Kennen die vorgestellten Kunststoffe mit ihren Eigenschaften und Einsatzgebieten.</li> <li>• verstehen die Eigenschaften der vorgestellten Kunststoffe mit den jeweils spezifischen Merkmalen und kennen ihre Herstellung und wichtige Fertigungsverfahren.</li> <li>• Verstehen die Zusammenhänge zwischen molekularem Aufbau, Umgebungsbedingungen wie Druck und Temperatur und Eigenschaften der Kunststoffe, und können dabei das Wissen aus anderen Vorlesungen (z.B. Werkstoffkunde anwenden)</li> <li>• Verstehen die begründete Zuordnung von exemplarischen Bauteilen zu den jeweiligen Kunststoffen.</li> <li>• Bewerten anforderungsbezogen die verschiedenen Kunststoffe und bewerten die Auswahl eines Kunststoffs für einen beispielhaften Anwendungsfall.</li> <li>• Bewerten eine Werkstoffsubstitution mit einem passenden Kunststoff aus: Dabei bewerten die Studierenden den einzusetzenden Kunststoff sowie die Auswahl eines geeigneten Fertigungsverfahrens</li> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen in der Kunststoffverarbeitung.</li> <li>• Verstehen die Eigenschaften von Thermoplastschmelzen bei der Kunststoffverarbeitung, und können dabei das erlangte Wissen aus der Werkstoffkunde anwenden.</li> <li>• Verstehen die Aufbereitungstechnik und die verschiedenen Fertigungsverfahren in der Kunststoffverarbeitung.</li> <li>• Können aufzeigen, welche Gründe zur Entwicklung der jeweiligen Verfahren geführt haben und wofür diese eingesetzt werden.</li> <li>• Können den Prozessablauf der benötigten Maschinen und Anlagen sowie die Merkmale und Besonderheiten jedes vorgestellten Verfahrens erläutern</li> <li>• Können exemplarische Bauteile zu den jeweiligen Fertigungsverfahren zuordnen</li> <li>• Bewerten anforderungsbezogen die verschiedenen Fertigungsverfahren.</li> <li>• Klassifizieren die einzelnen Prozessschritte der jeweiligen Verfahren hinsichtlich Kenngrößen wie bspw. Zykluszeit und Energieverbrauch.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysieren und benennen die auftretenden Schwierigkeiten und Herausforderungen bei der Fertigung spezieller Kunststoffbauteile.</li> <li>• Können Kriterien für die Fertigung aus gegebenen Bauteilanforderungen ableiten und davon geeignete Fertigungsverfahren oder Kombinationen auswählen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 2 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                 |                          |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97231 | <b>Kunststoff-Fertigungstechnik und -<br/>Charakterisierung</b><br>Plastics manufacturing technology and characterisation<br>of plastics        | <b>5 ECTS</b>            |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Kunststoffcharakterisierung und -analytik (2<br>SWS, SoSe 2025)<br><br>Vorlesung: Kunststoff-Fertigungstechnik (0 SWS, WiSe<br>2024) | 2,5 ECTS<br><br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                  |                          |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>[*Inhalt: Kunststoff-Fertigungstechnik*]<br/> Die Vorlesung Kunststoff-Fertigungstechnik stellt die Technik zur<br/> Fertigung von Kunststoff-Bauteilen und die dafür benötigte Anlagen- und<br/> Werkzeugtechnik vor. Dabei wird auch auf die Sensorik, Regelung und<br/> Steuerung in Fertigungsprozessen eingegangen.<br/> Der Inhalt der Vorlesung gliedert sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinen- und Anlagentechnik, Peripherie</li> <li>• Aufbereitung und Compoundierung von Thermo- und<br/>Duroplasten</li> <li>• Verarbeitungsverfahren (Extrusion, Spritzgießen, reagierende<br/>Formmassen)</li> <li>• Weiterverarbeitungsverfahren</li> <li>• Werkzeugtechnik: Auslegung und Bauformen<br/>(Spritzgießwerkzeuge und Extrusionswerkzeuge)</li> <li>• Regeln und Steuern in der Kunststoffverarbeitung</li> <li>• Maßnahmen der Qualitätskontrolle und -sicherung</li> </ul> <p>[*Inhalt: Kunststoffcharakterisierung und -analytik*]<br/> Die Vorlesung Kunststoffcharakterisierung und -analytik behandelt<br/> die verschiedenen Verfahren zur Analyse und Charakterisierung<br/> von Kunststoffen und Kunststoffbauteilen. Nach einer Einführung<br/> werden die Charakterisierungsmethoden für die verschiedenen<br/> Eigenschaftsspektren von Kunststoffen und Kunststoffbauteilen<br/> erläutert.<br/> Diese sind insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rheologisches Verhalten</li> <li>• Mechanisches Verhalten</li> <li>• Thermisches Verhalten</li> <li>• Elektrisches Verhalten</li> <li>• Optisches Verhalten</li> <li>• Verhalten gegen Umwelteinflüsse</li> <li>• Prüfverfahren für Schaumstoffe</li> <li>• Prüfverfahren für Duroplaste</li> </ul> <p>Die Vorlesung schließt mit je einer Einheit zur Computertomographie<br/> und zur Mikroskopie. Diese Techniken werden unter besonderer<br/> Berücksichtigung der Analyse von Kunststoffen und Kunststoffbauteilen<br/> erläutert.</p> |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>[*Lernziele und Kompetenzen: Kunststoff-Fertigungstechnik*]<br/> [*Fachkompetenz: Wissen, Verstehen und Anwenden*]<br/> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen in der Kunststoff-Fertigungstechnik.</li> <li>• kennen die zur Fertigung benötigten Maschinen und Anlagen, inkl. Peripherie wie Kühlgeräte, Mischer, Trockner und Handhabungsgeräte.</li> <li>• können die Werkzeugtechnik mit Eigenschaften und Funktionen der einzelnen Elemente erläutern.</li> <li>• können Spritzgießwerkzeuge mit verschiedenen Werkzeugsystemen, Normalien, Oberflächen, Angussarten (Kalt- und Heißkanal), Entlüftung und Einsätzen erläutern.</li> <li>• verstehen werkzeugbezogene Fertigungsprobleme (bspw. Werkzeugdeformation, Überspritzen, Brenner), deren Folgen und Durchführung von Abhilfemaßnahmen.</li> <li>• kennen Extrusionswerkzeuge und deren Bauformen.</li> <li>• kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen in der Kunststoffcharakterisierung und -analytik.</li> <li>• kennen und verstehen von geeigneten Messverfahren, um spezielle Eigenschaften von Kunststoffen und Bauteilen zu bestimmen.</li> <li>• verstehen und erläutern von behandelten Mess- und Analyseverfahren.</li> </ul> <p>*Fachkompetenz: Analysieren und Evaluieren*<br/> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können ein Werkzeugkonzept für ein gegebenes Bauteil erstellen.</li> <li>• können benötigte Maschinen und Anlagen zur Fertigung eines Kunststoffprodukts auswählen und evaluieren.</li> <li>• bewerten bestehende Werkzeuge hinsichtlich Funktion und Bauweise.</li> <li>• bewerten und klassifizieren geeignete Mess- und Analyseverfahren hinsichtlich Kenngrößen wie Aufwand, Kosten und Genauigkeit für ein gegebenes Aufgabenszenario.</li> <li>• benennen und beurteilen auftretende Schwierigkeiten und Herausforderungen bei der Charakterisierung und Analyse von Material- und Bauteileigenschaften besonderer Bauteile.</li> <li>• können eine bewertende Darstellung der Eignung von Bauteilen und Kunststoffen für spezielle Einsatzszenarien aus der Kenntnis von Messgrößen anfertigen.</li> <li>• ermitteln eine begründete Auswahl von Messverfahren, um die Eignung von Kunststoffen und Bauteilen für ein spezielles Einsatzszenario zu bewerten.</li> </ul> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8 | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                         |                                                                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>        | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>  | Klausur (120 Minuten)                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 2 Semester                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                                                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                |                      |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97320 | <b>Kunststofftechnik II</b><br>Plastics engineering II                                                                         | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Technologie der Verbundwerkstoffe (2 SWS, SoSe 2025)<br>Vorlesung: Konstruieren mit Kunststoffen (2 SWS, WiSe 2024) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                 |                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>[*Inhalt: Konstruieren mit Kunststoffen*]<br/>         "Konstruieren mit Kunststoffen" stellt wichtige Aspekte für die Konstruktion von Bauteilen mit Kunststoffen dar.<br/>         Der Inhalt gliedert sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung, methodisches Konstruieren, Anforderungslisten</li> <li>• Werkstoffauswahl, Werkstoffdatenbanken</li> <li>• Auswahl des Fertigungsverfahrens</li> <li>• Innere Eigenschaften und Verarbeitungseinflüsse</li> <li>• Werkzeuge für den Verarbeitungsprozess</li> <li>• Modellbildung und Simulation des Verarbeitungsprozesses</li> <li>• Dimensionieren</li> <li>• Modellbildung und Simulation zu Bauteilauslegung</li> <li>• Werkstoffgerechtes Konstruieren</li> <li>• Verbindungstechnik</li> <li>• Maschinenelemente</li> <li>• Rapid Prototyping und Rapid Tooling</li> <li>• Bauteilprüfung und Produkterprobung</li> </ul> <p>Eine wichtige Grundlage sind die Kenntnis der Eigenschaften der verschiedenen Kunststoffe und ihre Modifikationen sowie die Kenntnis der Fertigungsprozesse und dass diese sich entscheidend auf die Bauteilkonstruktion auswirken.</p> <p>[*Inhalt: Technologie der Verbundwerkstoffe*]<br/>         "Technologie der Faserverbundwerkstoffe" stellt die einzelnen Komponenten (Faser und Matrix), die Auslegung, Verarbeitungstechnologie, Simulation und Prüfung mit Fokus auf Faserverbundkunststoffe vor.<br/>         Im Einzelnen ist "Technologie der Faserverbundwerkstoffe" wie folgt gegliedert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Verstärkungsfasern</li> <li>• Matrix</li> <li>• Fasern und Matrix im Verbund</li> <li>• Verarbeitung (Duroplaste und Thermoplaste)</li> <li>• Auslegung (klassische Laminattheorie)</li> <li>• Gestaltung und Verbindungstechnik</li> <li>• Simulation</li> <li>• Mechanische Prüfung und Inspektion</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | Die Studierenden:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen für die Konstruktion mit Kunststoffen.</li> <li>• Kennen die Vorgangsweise beim Erstellen einer Konstruktion mit Bauteilen aus Kunststoff.</li> <li>• Verstehen, wie sich die speziellen Eigenschaften der Kunststoffe auf die Konstruktion auswirken.</li> <li>• Kennen und Verstehen die wichtigen Punkte bei der Erstellung einer Simulation.</li> <li>• Kennen die verschiedenen Hilfsmittel bei Erstellung einer Konstruktion, wie etwa Werkstoffdatenbanken und Simulationen und können diese Anwenden.</li> <li>• Können für eine gegebene Konstruktionsaufgabe verschiedene Werkstoffe auswählen und bewerten</li> <li>• Können einen Werkstoff für ein gegebenes Anforderungsprofil sowie kunststoff- und fertigungsgerechte Konstruktion eines Bauteils auswählen.</li> <li>• Können eine kritische, bewertende Betrachtung von Bauteilen hinsichtlich Werkstoffauswahl und Konstruktion durchführen.</li> <li>• Können Simulationsergebnissen bewerten und daraus sinnvolle Maßnahmen für die Konstruktion ableiten.</li> <li>• Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen im Bereich der Faserverbundkunststoffe.</li> <li>• Kennen die verschiedenen Halbzeuge und deren verfügbare Konfektionierung.</li> <li>• Kennen und Verstehen die Verarbeitung von faserverstärkten Formmassen.</li> <li>• Kennen die Struktur und die besonderen Merkmalen der unterschiedlichen Ausprägungen und Werkstoffe von Fasern und Matrix und können diese erläutern.</li> <li>• Verstehen die Auslegung, die Verbindungstechnik und die Simulation von faserverstärkten Bauteilen.</li> <li>• Können ein werkstoff- und belastungsgerechten Faserverbundbauteil auslegen und konstruieren.</li> <li>• Können Faserverbundbauteile hinsichtlich Werkstoffauswahl, Gestaltung und Konstruktion beurteilen.</li> <li>• Können Simulationsergebnisse zu Faserverbundbauteilen beurteilen.</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften, Verarbeitungsverfahren und Konstruktionsweisen von faserverstärkten Kunststoffen</li> <li>• Rechnergestützte Produkt- und Prozessentwicklung in der Kunststofftechnik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 2 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>319238 | <b>Industrie 4.0 für Ingenieure</b><br>Industry 4.0 for engineers                                                                                                                     | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Der Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik bietet im Sommersemester die Vorlesung "Industrie 4.0 für Ingenieure" als technisches Wahlmodul an. Diese Ringvorlesung wird von renommierten Mitgliedern der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik (MHI, <a href="http://www.wgmhi.de">www.wgmhi.de</a>) gehalten, die ausgehend von ihren jeweiligen Fachgebieten in den Themenkomplex "Industrie 4.0" einführen. Folgende Themengebiete rund um die Digitalisierung werden unter anderem behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrierobotik</li> <li>• Netzwerk- und Cloudtechnologien</li> <li>• Software und Steuerung</li> <li>• Der Mensch in I4.0</li> <li>• Industrial Data Science.</li> </ul>                                                                 |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Den Studierenden sollen die Auswirkungen und technischen Ausprägungen des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 verdeutlicht und dadurch ein Bewusstsein für diese Entwicklungen geschaffen werden. Zusätzlich soll ein Verständnis für Geschäftstreiber, technische Möglichkeiten und deren Wechselwirkungen sowie branchen- und domänenübergreifende Prozesse und Methoden vermittelt werden.</p> <p>Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die kontroversen und vielschichtigen Diskussionen im Umfeld von Industrie 4.0 in einen konsistenten Gesamtkontext einzuordnen</li> <li>• anhand repräsentativer Beispiele den Unterschied zwischen dem aktuellen Stand der Technik und Forschung sowie den durch Industrie 4.0 postulierten Innovationshypothesen zu verstehen</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Klausur</p> <p>Klausur, Dauer (in Minuten): 60</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                         |                                         |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Klausur (100%)                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Sommersemester                   |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                |                                         |

|   |                                   |                                                                                                                                                         |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>380151 | <b>MIDFLEX - Molded Interconnect Devices und flexible Schaltungsträger</b><br>MIDFLEX - Molded interconnect devices and flexible printed circuit boards | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Vorlesung: MIDFLEX - Molded Interconnect Devices und flexible Schaltungsträger (vhb) (2 SWS)                                                            | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                          | Jan Fröhlich                                                                                                                                            |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>Schaltungsträger aus duro- bzw. thermoplastischen Materialien können aufgrund der erhöhten Gestaltungsfreiheit eine sinnvolle Ergänzung zu derzeitigen Standardleiterplatten darstellen. Gerade durch den Einsatz von flexiblen Schaltungsträgern können neue Einbauräume erschlossen und Miniaturisierungspotentiale genutzt werden. Die Vorlesung gibt zunächst eine Einführung in die MID-Technologie, um dann in den nachfolgenden Vorlesungseinheiten die Herausforderungen bzgl. der unterschiedlichen Verbindungstechniken für die neuen Materialien zu behandeln.</p> <p>Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Alternative Substratmaterialien und Innovationstreiber</li> <li>• Alternative Verbindungstechnologie: Einpressen</li> <li>• MID-Herstellungsverfahren</li> <li>• Aufbau- und Verbindungstechnik für thermoplastische Schaltungsträger</li> <li>• Leitleben in der Elektronikproduktion</li> <li>• Hochtemperaturthermoplaste: HT MID</li> <li>• MID-CAD</li> <li>• Lösbare Verbindungen und Kontaktierungen</li> <li>• Flip Chip auf MID und flexiblen Schaltungsträgern</li> <li>• Qualitätssicherung für MID- und Flex-Baugruppen</li> <li>• Reel-to-Reel</li> </ul> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Nach dem Besuch der Vorlesung ist die Studentin oder der Student in der Lage, einen Überblick über das komplexe Thema "spritzgegossene Schaltungsträger" geben zu können, die einzelnen Verfahren und ihre Problematik zu benennen und die Relevanz von 3D-MIDs für die Elektronikproduktion zu verstehen.</p> <p>Dazu gehört der Erwerb von Kompetenzen in den oben dargestellten Themengebieten.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | <p>Variabel</p> <p>Klausur, Dauer (in Minuten): 60</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                         |                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>         | Variabel (100%)                                                                                   |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>              | nur im Wintersemester                                                                             |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>    | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                        |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | Vorlesungsskriptum auf <a href="http://www.studon.uni-erlangen.de">www.studon.uni-erlangen.de</a> |

|   |                                   |                                                                                                                                                                                       |                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>528791 | <b>Kunststoffcharakterisierung und -analytik</b><br>Characterization and analysis of plastics                                                                                         | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen               | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |                 |
| 3 | Lehrende                          | -                                                                                                                                                                                     |                 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Die Vorlesung Kunststoffcharakterisierung und -analytik behandelt die verschiedenen Verfahren zur Analyse und Charakterisierung von Kunststoffen und Kunststoffbauteilen. Nach einer Einführung werden die Charakterisierungsmethoden für die verschiedenen Eigenschaftsspektren von Kunststoffen und Kunststoffbauteilen erläutert. Diese sind insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rheologisches Verhalten</li> <li>• Mechanisches Verhalten</li> <li>• Thermisches Verhalten</li> <li>• Elektrisches Verhalten</li> <li>• Optisches Verhalten</li> <li>• Verhalten gegen Umwelteinflüsse</li> <li>• Prüfverfahren für Schaumstoffe</li> <li>• Prüfverfahren für Duroplaste</li> </ul> <p>Die Vorlesung schließt mit je einer Einheit zur Computertomographie und zur Mikroskopie. Diese Techniken werden unter besonderer Berücksichtigung der Analyse von Kunststoffen und Kunststoffbauteilen erläutert.</p>                                                                                                                                                                       |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p><b>*Fachkompetenz: Wissen, Verstehen und Anwenden*</b><br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen in der Kunststoffcharakterisierung und -analytik.</li> <li>• kennen und verstehen geeignete Messverfahren, um spezielle Eigenschaften von Kunststoffen und Bauteilen zu bestimmen.</li> <li>• verstehen und erläutern behandelte Mess- und Analyseverfahren.</li> </ul> <p><b>*Fachkompetenz: Analysieren und Evaluieren*</b><br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten und klassifizieren geeignete Mess- und Analyseverfahren hinsichtlich Kenngrößen wie Aufwand, Kosten und Genauigkeit für ein gegebenes Aufgabenszenario.</li> <li>• benennen und beurteilen auftretende Schwierigkeiten und Herausforderungen bei der Charakterisierung und Analyse von Material- und Bauteileigenschaften besonderer Bauteile.</li> <li>• können eine bewertende Darstellung der Eignung von Bauteilen und Kunststoffen für spezielle Einsatzszenarien aus der Kenntnis von Messgrößen anfertigen.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln eine begründete Auswahl von Messverfahren, um die Eignung von Kunststoffen und Bauteilen für ein spezielles Einsatzszenario zu bewerten.</li> </ul>                                               |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Ehrenstein, G.W.; Pongratz, S.: Beständigkeit von Kunststoffen; Carl Hanser Verlag, München 2004</p> <p>Ehrenstein, G.W.; Riedel, G.; Trawiel, P.: Praxis der Thermischen Analyse von Kunststoffen; 2. Aufl. Carl Hanser Verlag, München 2003</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                             |                      |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>92840 | <b>Wertschöpfungsprozesse von Kabelsystemen für die Mobilität der Zukunft</b><br>Value creation processes of cable systems for future mobility                                              | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Wertschöpfungsprozesse von Kabelsystemen für die Mobilität der Zukunft (2 SWS)<br>Übung: Übung zu Wertschöpfungsprozesse von Kabelsystemen für die Mobilität der Zukunft (2 SWS) | 2,5 ECTS<br>2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Albert Scheck<br>Reinhardt Seidel<br>Simon Fröhlig                                                                                                            |                      |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>Ziel des Moduls ist es, Studierenden die komplette Prozesskette der Signal- und Leistungsvernetzung mechatronischer Produkte von der Entwicklung, über die Fertigung bis zum Einbau in das fertige Produkt zu vermitteln. Als anschauliches Beispiel werden die Fertigung und der Einbau von Bordnetzen in Fahrzeuge gewählt, aber auch die Signal- und Leistungsvernetzung in anderen Branchen betrachtet. Neben dem Grundwissen über Komponenten und ihre Eigenschaften werden ebenfalls die Herausforderungen entlang der Logistikkette sowie Grundlagen zur Zuverlässigkeit und zu Lebensdauermodellen gelehrt. Den Abschluss des Moduls bildet ein Überblick über innovative, zukünftige Technologien und ihre Auswirkungen auf heutige Bordnetzsysteme. Ergänzend zur Vorlesung finden drei Blockübungen statt, die das vermittelte, theoretische Wissen durch praktische Anwendungen vertiefen. Der erste Block fokussiert das Engineering und die digitale Prozesskette und findet im CIP-Pool statt. Darauf aufbauend wird im zweiten Block der entworfene Kabelsatz gefertigt und die Auslegung durch praktische Versuche validiert. Die Übung schließt mit einer Exkursion in ein regionales Unternehmen des kabelverarbeitenden Gewerbes ab.</p> <p>Inhaltliche Kerngebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Signal- und Leistungsvernetzung</li> <li>• Grundlagen der Signal- und Leistungsübertragung</li> <li>• Bordnetzentwicklung</li> <li>• Kabel- und Komponentenfertigung</li> <li>• Kabelkonfektion und Verbindungstechnik</li> <li>• Automatisierte und manuelle Kabelbaummontage</li> <li>• Prüfen, Versand und Einbau von Bordnetzen</li> <li>• Auftragssteuerung, Logistik, Datenfluss</li> <li>• Zuverlässigkeit und Lebensdauermodelle</li> <li>• Digitale Methoden und Industrie 4.0</li> <li>• Innovative Bordnetzarchitekturen und -technologien</li> <li>• Signal- und Leistungsübertragung in anderen Branchen</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | Die Studierenden sollen Erkenntnisse bezüglich des Aufbaues und der Herstellung von Bordnetzsysteme erlangen sowie die                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                          | <p>Grundlagen der Signal- und Leistungsvernetzung in mechatronischen Systemen beherrschen. Nach einer Einleitung und der Vorstellung der Einzelkomponenten moderner Bordnetze, werden Entwicklungs-, Fertigungs- und Montagekonzepte der einzelnen Bestandteile sowie des gesamten Kabelsatzes vermittelt. Auch die digitale Wertschöpfungskette findet dabei Betrachtung. Das Modul ist auf Basis der folgenden Leitlinien aufgebaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlage des Moduls ist die Komplexität heutiger Bordnetze sowie die damit einhergehenden Komplikationen und Herausforderungen. Diese Situation wird zusätzlich durch die aktuellen Mobilitätstrends verschärft. Daher liegt ein Augenmerk ebenfalls auf Lösungsansätzen, um dieses Spannungsfeld möglichst konfliktfrei aufzulösen.</li> <li>• Die gelehrt Themen werden durch Beispiele aus der Automobilindustrie veranschaulicht, da dieser Industriezweig innerhalb der Signal- und Leistungsvernetzung weltweit eine Schlüsselposition einnimmt. Davon abgesehen finden exemplarische Ergänzungen aus anderen Industriezweigen, wie der Luftfahrt oder dem Schaltschrankbau statt.</li> <li>• Die dargestellten spezifischen Methoden, Konzepte und Lösungsansätze lassen sich durch das Modul in ein Gesamtsystem einordnen. Hierdurch wird das Erkennen und Ableiten von Prämissen und Relationen gefördert und ermöglicht.</li> <li>• Die eingesetzten Technologien zur Herstellung eines Musterkabelsatzes entsprechen dem aktuellen Stand der Technik. Dadurch werden die Studierenden im Rahmen des Moduls am modernem Equipment des Lehrstuhls geschult.</li> </ul> <p>Die Studierenden sind nach Besuch des Moduls in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die wirtschaftlichen, logistischen und technischen Impulse und Herausforderungen nachzuvollziehen sowie die zugrunde liegende Ursachen zu verstehen</li> <li>• grundsätzliche methodische Ansätze bezüglich der bordnetzspezifischen Prozesskette zu differenzieren und einzusetzen.</li> <li>• sowie die charakteristischen Entwicklungs-, Produktions-, Montage- und Qualitätssicherungsmethoden und Werkzeuge zu abstrahieren und bei weiterführenden Anwendungen zu nutzen.</li> <li>• darüber hinaus befähigt, die notwendigen Fertigungsverfahren anzuwenden und einen Musterkabelsatz zu fertigen.</li> </ul> <p>Das vermittelte Wissen bildet die Grundlage für den Einstieg und das Verständnis des kompletten Industriezweigs der Kabelsatzfertigung. Dies umfasst neben Kabelkonfektionären und Bordnetzherstellern ebenfalls Komponentenlieferanten und Automobilhersteller.</p> |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Variabel<br>Klausur, Dauer (in Minuten): 60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Variabel (100%)<br>Klausur, 100 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, Braess,</li> <li>• Elektronik in der Fahrzeugtechnik, Borgeest</li> <li>• Handbuch Fügen, Handhaben und Montieren, Feldmann</li> <li>• Räumliche elektronische Baugruppen (3D-MID), Franke</li> <li>• Handbuch zu elektrischen Kabeln und Leitungen, Katzier</li> <li>• Elektrische Steckverbinder: Technologien, Anwendungen und Anforderungen, Katzier</li> <li>• Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen, Vinaricky</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                   |                 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>95068 | <b>Machine Learning for Engineers II: Advanced Methods</b><br>Machine learning for engineers II: Advanced methods | <b>2,5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Machine Learning for Engineers II: Advanced Methods (VHB) (2 SWS)                                      | 2,5 ECTS        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr. Björn Eskofier                                                                                          |                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Thomas Altstidl<br>Prof. Dr. Björn Eskofier                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5  | <b>Inhalt</b>                            | <p>This is an advanced course with a focus on deep learning (DL) techniques that are typically applied to data science problems. Knowledge is deepened by two practical exercises to gain hands-on experience. The course covers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Extended introduction into fundamental concepts of deep neural networks (DNN)</li> <li>In-depth review of various optimization techniques for learning neural network parameters</li> <li>Specification of several regularization techniques for neural networks</li> <li>Theoretical understanding of application-specific neural network architectures (such as convolutional neural networks (CNN) for images and recurrent neural networks (RNN) for time series)</li> </ul> <p>This is a vhb course (online).</p> |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>After successfully participating in this course, students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>discuss advantages and disadvantages of different optimization techniques</li> <li>design a suitable and promising neural network architecture and train it on existing data using Python and Keras</li> <li>choose a suitable regularization technique in case of problems</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)<br>Electronic exam (online), 60min                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>Electronic exam (100 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 0 h<br>Eigenstudium: 75 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | 1) Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press, 2012<br>2) The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, Springer, 2009<br>3) Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press, 2016 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>94952 | <b>Produktion elektrischer Motoren und Maschinen</b><br>Manufacturing electric motors and machines                                                                                    | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|---|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>            | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke<br>Dr.-Ing. Alexander Kühl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 5 | <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Grundlagen zu elektrischen Maschinen</li> <li>• Weichmagnetische Werkstoffe</li> <li>• Hartmagnetische Werkstoffe</li> <li>• Wickeltechnik</li> <li>• Isolationstechnologien</li> <li>• Statorprüfung</li> <li>• Produktion und Endmontage elektrischer Maschinen</li> <li>• Produktion elektrischer Maschinen für Traktionsantriebe</li> <li>• Spezielle Anwendungsfelder des Elektromaschinenbaus</li> <li>• Recycling elektrischer Maschinen</li> <li>• Elektronik im Elektromaschinenbau</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Ziel des Moduls ist es, den Studierenden zu vermitteln, wie sich die Wertschöpfungskette nach dem Entwurf, der Konzeption und der Konstruktion eines Produkts gestaltet. Den Studierenden werden Einblicke in die verschiedenen Eigenschaften der elektrischen Maschinen gewährt. Darüberhinaus werden anhand des Stands der Technik die verschiedenen Prozesse entlang der Wertschöpfungskette, vom Blech über den Magneten und der Wicklung bis hin zur Isolation und der Prüfung des Produkts, vermittelt. Somit wird das nötige Wissen vermittelt, welches notwendig ist, laufende Produktionsprozesse von Serienprodukten stetig hinsichtlich Ökonomie und Energie- und Ressourceneffizienz zu verbessern sowie die Prozesse für die Umsetzung von Neuentwicklungen in die Serien- und Produktionsreife zu überführen.</p> <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis von Bauarten, Einsatzfelder, Nutzen, Leistungsfähigkeit und technischen Neuerungen elektrischer Antriebe</li> <li>• Kenntnis von Aufbau, Einzelkomponenten und Materialien elektrischer Antriebe</li> <li>• Kenntnis der Einzelprozesse zur Produktion elektrischer Antriebe</li> <li>• Beherrschung von Methoden und Werkzeugen zur Planung, Inbetriebnahme, Betrieb und Optimierung von Produktionsketten für elektrische Antriebe</li> </ul> |  |
| 7 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |

|    |                                          |                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                    |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)<br>Klausur, 60 Minuten                                                                |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | Tzscheutschler - Technologie des Elektromaschinenbaus<br><br>Jordan - Technologie kleiner Elektromaschinen |

|   |                                  |                                                                                                                                                      |               |
|---|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97304 | <b>Advanced Systems Engineering von Produktionsanlagen (ASEP)</b><br>Advanced Systems Engineering of Production Systems (ASEP)                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Online-Kurs: Advanced Systems Engineering von Produktionsanlagen (ASEP)<br><br>Online-Kurs mit Flipped Classroom Terminen, keine Anwesenheitspflicht | -             |
| 3 | Lehrende                         | Martin Barth                                                                                                                                         |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Studien zeigen, dass während des Engineering-Prozesses viele Arbeitsschritte in verschiedenen Abteilungen mehrfach ausgeführt werden müssen, da die zu Beginn generierten Daten später nicht weiterverwendet werden, sondern erneut durch einen weiteren Bearbeiter erstellt werden. Für Unternehmen bedeutet dies einen erheblichen Zeit- und Kostenaufwand, welcher am Ende durch die Konsumierenden in Form höherer Preise getragen werden muss. Eine durchgehende Nutzung der Daten stellt daher eine wirtschaftlich sinnvolle Angelegenheit dar. All diese Punkte führen dazu, dass Unternehmen verstärkt darauf achten müssen, mit ihren Daten sinnvoller umzugehen. Der Ansatz des Advanced Systems Engineerings (ASE) greift exakt diese Herausforderungen auf und berücksichtigt insbesondere die Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung, Interdisziplinarität und Vernetzung zur Beherrschung der technischen und organisatorischen Komplexität. ASE integriert systemtorientierte, innovative Ansätze des Engineerings und eröffnet für Entwickler neue Möglichkeiten in Planung, Entwicklung und Betrieb von Produktionsanlagen.</p> <p><b>Gliederung:</b></p> <p><b>Vorlesungseinheiten:</b></p> <p>01: Automatisierte Produktionsanlagen<br/> 02: Advanced Systems Engineering von Produktionsanlagen<br/> 03: Der Digitale Zwilling<br/> 04: Datenmanagement mit PLM Systemen<br/> 05: Simulationsbasierte Auslegung von Produktionsanlagen<br/> 06: Integrierte Produkt-Prozess Entwicklung<br/> 07: Anforderungsmanagement und Lösungsspezifikation<br/> 08: Mechanik-Entwicklung<br/> 09: Elektrik-Entwicklung<br/> 10: Software-Entwicklung<br/> 11: Systemintegration, Virtuelle Inbetriebnahme und Testing<br/> 12: Änderungsmanagement</p> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | 13: Inbetriebnahme von Produktionsanlagen<br>14: Klausurvorbereitung<br><br><b>Case-Studies:</b><br>CS1: Anforderungs- und Lösungsspezifikation<br>CS2: Domänenspezifisches Engineering<br>CS3: Virtuelle Inbetriebnahme und Änderungsmanagement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | Nach dem Studium des vhb-Kurses Advanced Systems Engineering von Produktionsanlagen (ASEP) sind Studierende in der Lage, den Engineering-Prozess von der Anforderung bis hin zum fertigen Produkt zu verstehen. Dies wird durch Methoden-Vermittlung über den gesamten Product Lifecycle ermöglicht. Weiterhin werden Einblicke in gängige Software-Lösungen im Bereich des Engineerings ermöglicht. Durch Anwendung der Kenntnisse in Übungen werden die Studierenden zudem befähigt, das Gelernte auf praktische Weise zu festigen. Durch den Kurs können Studierende darüber hinaus selbstständig den Ansatz des ASE im späteren Berufsleben forcieren und umsetzen. |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine spezifischen Voraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (90 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>90-minütige schriftliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 30 h<br>Eigenstudium: 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>93480 | <b>Data Acquisition, Processing and Analysis in Manufacturing Engineering and Material Science (vhb)</b>                                                                              | <b>6 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>Ziel des Kurses ist es, den Studierenden weiterführende Einblicke in die Urform- und Fügetechnik zu ermöglichen und konkretes Wissen zur Anwendung algorithmischer Datenverarbeitung auf Problemstellungen aus diesen Gebieten zu vermitteln. Die hierzu erforderlichen Methoden aus Datenverarbeitung und Statistik werden den Studierenden im Rahmen des Kurses ebenso vermittelt wie das erforderliche werkstofftechnische und fertigungstechnische Hintergrundwissen.</p> <p>Struktur von Vorlesung</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Datenanalyse: Methodenwissen und Grundlagen statistischer Verfahren</li> <li>2. Fertigungsverfahren: Weiterführendes Wissen zur Urform- und Fügetechnik</li> <li>3. Modellierung von Materialeigenschaften</li> <li>4. Werkstoffprüfung: Einfluss fertigungstechnisch bedingter Wärme auf mechanische Eigenschaften und Mikrostruktur</li> </ol> <p>Übungen:</p> <p>Anwendung unterschiedlicher Methoden der Datenverarbeitung</p> <p>-----</p> <p>The aim of the course is to provide students with further insights into primary forming and joining technology and to impart specific knowledge on the application of algorithmic data processing to problems in these areas. The necessary methods from data processing and statistics are taught to students as part of the course, as is the necessary background knowledge of materials and production technology.</p> <p>Lecture structure</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. data analysis: methodological knowledge and basics of statistical procedures</li> <li>2. manufacturing processes: Advanced knowledge of master molding and joining technology</li> <li>3. modeling of material properties</li> <li>4. material testing: influence of manufacturing-related heat on mechanical properties and microstructure</li> </ol> <p>Exercises:</p> <p>Application of different methods of data processing</p> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Die Studierenden erhalten vertiefende Einblicke in spezifische Problemstellungen Urform- und Füge­technik. Zudem erlangen sie konkretes, methodisches Wissen zur Anwendung algorithmischer Datenverarbeitung auf reale Problemstellungen der Urform- und Füge­technik. Die hierzu erforderlichen Methoden aus Datenverarbeitung und Statistik werden den Studierenden im Rahmen des Kurses ebenso vermittelt wie das erforderliche werkstofftechnische und fertigungstechnische Hintergrundwissen.</p> <p>Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden kennen verschiedene Methoden der Datenanalyse</li> <li>- Die Studierenden haben einen Überblick über die Grundlagen computergestützter statistischer Verfahren</li> <li>- Die Studierenden sind in der Lage, Methoden der Datenanalyse auf typische Herausforderungen in der Materialwissenschaft und Fertigungstechnologien anzuwenden.</li> <li>- Die Studierenden verstehen Fertigungstechnologien, wie z.B. Gießen, Schweißen, additive Verfahren.</li> <li>- Die Studierenden verstehen verschiedene Materialeigenschaften.</li> <li>- Die Studierenden haben einen detaillierten Einblick in die Werkstofftechnik, wie z.B. Werkstoffprüfung, Fraktographie, etc.</li> <li>- Die Studierenden sind in der Lage, Kenntnisse über Datenanalysemethoden auf verschiedene Bereiche zu übertragen</li> </ul> <p>-----</p> <p>Students gain in-depth insights into specific problems in master molding and joining technology. In addition, they acquire concrete, methodological knowledge for applying algorithmic data processing to real problems in master molding and joining technology.</p> <p>The necessary methods from data processing and statistics are taught to students as part of the course, as is the necessary background knowledge of materials and production technology.</p> <p>Competencies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Students are familiar with various methods of data analysis</li> <li>- Students have an overview of the basics of computer-aided statistical methods</li> <li>- Students are able to apply data analysis methods to typical challenges in materials science and manufacturing technologies.</li> <li>- Students understand manufacturing technologies such as casting, welding and additive processes.</li> <li>- Students understand various material properties.</li> <li>- Students have a detailed insight into materials technology, e.g. materials testing, fractography, etc.</li> <li>- Students are able to transfer knowledge of data analysis methods to different areas</li> </ul> |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Es werden grundlegende Kenntnisse zu den Fertigungsverfahren vorausgesetzt.<br>-----<br>Basic knowledge of manufacturing processes is required.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 10 Fertigungsautomatisierung und Kunststofftechnik Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)<br>Präsenzklausur von 60 Min. an der FAU<br>-----<br>Attendance exam of 60 minutes at the FAU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)<br>Klausur (100%)<br>-----<br>Written exam (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h (Online)<br>Eigenstudium: 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch<br>Englisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>Ilchner, B.; Singer, R.F. (2016): <i>Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik</i>, Springer Berlin, Heidelberg</p> <p>Francis, L. F., Stadler, B. J. H., &amp; Roberts, C. C. (2016). <i>Materials Processing: A Unified Approach to Processing of Metals, Ceramics and Polymers</i>. Elsevier Inc.</p> <p>Campbell, J. (2011). <i>Complete casting handbook: [E-Book] : metal casting processes, metallurgy, techniques and design / John Campbell</i>. Oxford, UK ; Waltham, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann.</p> <p>Matting, A., Stieler, C. (1939). <i>Die Metallurgie des Schweißens</i>. In: Bierett, G., Diepschlag, E., Klöppel, K., Matting, A., Stieler, C. (eds) <i>Schweißtechnik im Stahlbau</i>. Springer, Berlin, Heidelberg.</p> |

# 11 Messtechnik und Qualitätsmanagement

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96925 | <b>Fertigungsmesstechnik II</b><br>Manufacturing metrology II                                                                                                                         | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p><b>Taktile Formmesstechnik:</b> Grundlagen der Formmesstechnik (Hoch- und Tiefpassfilter), Prinzip, Charakteristika, Messaufgaben, Bauarten von taktilen Formmessgeräten (Drehtisch-, Drehspindelgeräte, Universalmessgeräte, Tastsysteme), Messabweichungen (Einflussfaktoren, Kippen und Zentrieren des Werkstücks, Abweichungen der Drehführung und deren Bestimmung, Abweichungen der Geradführungen), Kalibrierung von Formmessgeräten (Flick-Normale, Vergrößerungsnormale, Kugelnormale, Mehrwellennormale), Mehrlagenverfahren, Umschlagverfahren</p> <p><b>Bildverarbeitungssysteme:</b> Messmikroskope, Profilprojektoren und Scanauge, Bildverarbeitungssystem (Prinzipieller Aufbau, Messen im Bild, Messen am Bild), Beleuchtung (Auflicht, Hintergrund, Hellfeld, Dunkelfeld, kollimiert, coaxial, diffus), Beobachtungsstrahlengänge (Geometrische Optik, lateraler und axialer Abbildungsmaßstab, Schärfentiefe, Scheimpflug-Prinzip, telezentrische Abbildung), Schattenwurfssysteme, Bildverarbeitung (Operationen, Prinzipien)</p> <p><b>Optische Oberflächenmesstechnik:</b> Überblick Oberflächenabweichungen und Oberflächenmessprinzipien, Wechselwirkungen, Einteilung der optischen Oberflächenmessverfahren, Messmikroskope und Fokusvariation (Bauformen Mikroskope und Beleuchtung, Diffuse und gerichtete Reflexion, Numerische Apertur, Numerische Apertur, Immersionsflüssigkeit, Punktverwaschungs-Funktion, Auflösungsvermögen, Modulations-Transfer-Funktion, Auflösung und Amplituden-Wellenlängen-Diagramm, Messmikroskope, Fokusvariation, Fokusvariation mit strukturierter Beleuchtung, Flying Spot Mikroskop, konfokales Mikroskop (Aufbau, Prinzip, Kennlinie), axiales und laterales Rastern (Nipkow-Scheibe, Scanspiegel, Mikrolinsenarray, Laserscanningmikroskop, konfokaler zwei Wellenlängenfasersensor, chromatischer Weißlichtsensor), Laser-Autofokusverfahren, Fotogrammetrische Mikroskopie, Interferenzmikroskope (Michelson, Mirau, Linnik,</p> |

Phasenschieber), Weißlichtinterferometer Streulichtmessung, Eigenschaften der optischen Antastung im Fernfeld

**Optische Formmesstechnik:** Interferometrische Geradheitsmessung, Interferometrische Ebenheitsmessung (Interferenz gleicher Neigung und gleicher Dicke, Mehrstrahlinterferenz, Fabry-Perot und Fizeauinterferometer, Interferenzfilter, Newtonsche Ringe, Phasenschieberinterferometer, Demodulation mit Phasenschiebung, synthetische Wellenlänge, Anwendung der Fizeau-Interferometrie, Einfluss der Referenzfläche, Dreiplattentest, Interferometrie streifendem Einfall, Twyman-Green Interferometer, Einsatzgrenzen), Deflektometrische Formmessung (Überblick Deflektometrie, Grundprinzip, Autokollimator, Extended Shear Angle Difference Methode, flächenhafte Deflektometrie, Einsatzgrenzen)

**Fotogrammetrie:** Grundprinzip, Stereophotogrammetrie, passive Triangulation, Grundlagen, aktive Triangulation, Lichtfeldkamera (Plenoptische Kamera), Punktprojektionsverfahren, Linienprojektionsverfahren (Lichtschnittverfahren), Streifenprojektionsverfahren (strukturierte Beleuchtung, Grundprinzip Ein- und Zweikamerasysteme, Kodierung Gray Code, Phasenschiebung, Kombinierte Beleuchtung aus Gray Code und Phasenschiebung, Anwendung, Datenverarbeitung, Einsatzgrenzen), Registrierung, Fusion, Stitching, Gerätebeispiele, Industrielle Anwendung, Gerätekenngößen und deren Prüfung

**Röntgen-Computertomografie:** Grundlagen, Röntgenstrahlung, Grundprinzip der Röntgen-Computertomografie, Aufbau und Scanvarianten, Vergrößerung, Röntgenstrahlquellen, Strahlungsspektrum, Detektoren, Wechselwirkung mit Material (Photoelektrischer Effekt, Compton Streuung), Rekonstruktion (Radontransformation, algebraische Rekonstruktion, gefilterte Rückprojektion), Oberflächenbestimmung (Schwellwertfindung), Artefakte (Strahlaufhärtung, Ringartefakte, Streustrahlung, Abschneiden, Kegelstrahl-Artefakte, Scanner-Fehlausrichtung, unzureichende Anzahl von Projektionen, Multimaterial-CT), Rückführung, Überwachung, Messunsicherheit, Anwendung (Defekterkennung, Micro- und Nano-CT, Hochenergie-CT, Multimaterial)

**Spezifikation und Messung optischer Komponenten:** Zeichnungen für optische Elemente und Systeme, Messung geometrischer Spezifikationen, Materialspezifikation,

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <p>Spezifikation von Oberflächenformtoleranzen, Messung der Oberflächenformabweichungen (Passe) mit Probegläsern, Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen, Messung geometrischer Spezifikationen</p> <p><b>Mikro- und Nanomesstechnik:</b> Positioniersysteme (Führungen und Antriebe, Gewichtskraftkompensation), metrologischer Rahmen und Gerätekoodinatensysteme, Antastprinzipien und Messsystem (Rasterelektronenmikroskop, Rastertunnelmikroskop, Rasterkraftmikroskope, Nahfeldmikroskope, mikrotaktile Antastung), Mikro- und Nanokoordinatenmesssysteme, Einflussgrößen, Kalibrierung und Rückführung</p> <p><b>Filter:</b> Filterung von Topografiedaten, Analoge Filter, Digitale Filter (Gauß-Filter, Gauß-Filter für geschlossene Profile, Spline-Filter, Gauß'sches Regressionsfilter, Robuste Profilfilterung, Morphologische Filter - Dilatation und Erosion, Empfehlung zur Verwendung linearer und robuster Profilfilter)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen relevante Definitionen, Fachbegriffe und Kriterien der Fertigungsmesstechnik.</li> <li>• Die Studierenden können einen Überblick zur Gerätetechnik der Fertigungsmesstechnik sowie deren Funktionsweise und Einsatzgebiete wiedergeben</li> <li>• Die Studierenden wissen um die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die, den vorgestellten Messgeräten der Fertigungsmesstechnik, zugrundeliegenden Messprinzipien in eigenen Worten zu erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben beschreiben und interpretieren, und Schwachstellen in der Planung und Durchführung erkennen.</li> <li>• Die Studierenden können Messergebnisse und die zugrunde liegenden Verfahren angemessene kommunizieren und interpretieren.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können eigenständig geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik auswählen.</li> <li>• Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben transferieren.</li> </ul> <p>Evaluierten (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und strukturell analysieren.</li> </ul> |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage Messergebnisse zu hinterfragen und auf dieser Basis die Funktionalität des Messsystems sowie die zum Zeitpunkt der Messung vorherrschenden Messbedingungen zu bewerten.</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können die Eignungsuntersuchungen verschiedener Messprinzipien zur Erfüllung neuer Messaufgaben erstellen und auf deren Basis adaptierte Messsysteme konzipieren.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Eine Teilnahme an der Lehrveranstaltung "Fertigungsmesstechnik 1" wird empfohlen, ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 11 Messtechnik und Qualitätsmanagement Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <p>International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <a href="http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html">http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html</a></p> <p>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012</p> <p>Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 ISBN 3-486-24219-9</p> <p>Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg +Teubner Verlag, 2011 ISBN 978-3-8348-0692-5</p> <p>Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 ISBN 3-540-11784-9</p> <p>Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 ISBN 978-3-937889-51-2</p> |

|  |                                                                                                                                      |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 ISBN 3-478-93212-2</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012</p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                         |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Hausotte, Tino: Nanopositionier- und Nanomessmaschinen - Geräte für hochpräzise makro- bis nanoskalige Oberflächen- und Koordinatenmessungen. Pro Business Verlag, 2011 - ISBN 978-3-86805-948-9</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                            |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>David J. Whitehouse: Handbook of Surface and Nanometrology, Crc Pr Inc., 2010 - ISBN 978-1420082012</p> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                                                                       |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>96930 | <b>Rechnergestützte Messtechnik</b><br>Computer-aided metrology                                                                                                                       | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. |               |
| 3 | Lehrende                         | -                                                                                                                                                                                     |               |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <p>*Grundlagen:* Grundbegriffe (Größe, Größenwert, Messgröße, Maßeinheit, Messprinzip, Messung, Messkette, Messsignal, Informationsparameter, analoges und digitales Signal) Prinzip eines Messgerätes, direkte und indirekte Messmethode, Kennlinie und Kennlinienarten, analoge und digitale Messmethoden, kontinuierliche und diskontinuierliche Messung, Zeit- und Wertdiskretisierung, Auflösung, Empfindlichkeit, Messbereich Signal, Messsignal, Klassifizierung von Signalen (Informationsparameter) Signalbeschreibung, Fourierreihen und Fouriertransformation Fourieranalyse DFT und FFT (praktische Realisierung) Aliasing und Shannon's-Abtasttheorem Übertragungsverhalten (Antwortfunktionen, Frequenzgang, Übertragungsfunktion) Laplace-Transformation, Digitalisierungskette, Z-Transformation und Wavelet-Transformation</p> <p>*Verarbeitung und Übertragung analoger Signale:* Messverstärker, Operationsverstärker (idealer und realer, Rückkopplung) Kenngrößen von Operationsverstärkern Frequenzabhängige Verstärkung von Operationsverstärkern Operationsverstärkertypen Rückkopplung und Grundsaltungen (Komparator, Invertierender Verstärker, Nichtinvertierender Verstärker, Impedanzwandler, Strom-Spannungs-Wandler, Differenzverstärker, Integrierer, Differenzierer, invertierender Addierer, Subtrahierer, Logarithmierer, e-Funktionsgeneratoren, Instrumentenverstärker) OPV mit differentiellen Ausgang analoge Filter (Tiefpassfilter, Hochpassfilter, Bandpassfilter, Bandsperrefilter, Bodeplot, Phasenschiebung, aktive analoge Filter) Messsignalübertragung (Einheitssignale, Anschlussvarianten) Spannungs-Frequenz-Wandler Galvanische Trennung und optische Übertragung Modulatoren und Demodulatoren Multiplexer und Demultiplexer Abtast-Halte-Glied</p> <p>*A/D- und D/A-Umsetzer:* Digitale und analoge Signale Digitalisierungskette A/D-Umsetzer (Nachlauf ADU, Wägeverfahren, Rampen-A/D-Umsetzer, Dual Slope-Verfahren, Charge-Balancing-A/D-Umsetzverfahren, Parallel-A/D-Umsetzer, Kaskaden-A/D-Umsetzverfahren, Pipeline-A/D-Umsetzer, Delta-Sigma-A/D-Umsetzer / 1-Bit- bis N-Bit-Umsetzer, Einsatzbereiche, Kennwerte, Abweichungen, Signal-Rausch-Verhältnis) Digital-Analog-Umsetzungskette D/A-Umsetzer (Direkt bzw. Parallelumsetzer, Wägeumsetzer, Zählverfahren, Pulsweitenmodulation, Delta-Sigma-Umsetzer / 1-Bit- bis N-Bit-Umsetzer)</p> <p>*Verarbeitung digitaler Signale:* digitale Codes Schaltnetze (Kombinatorische Schaltungslogik) Schaltalgebra und logische Grundverknüpfungen Schaltwerke (Sequentielle Schaltnetze)</p> |

Speicherglieder (Flip-Flops, Sequentielle Grundsaltungen),  
 Halbleiterspeicher (statische und dynamische, FIFO)  
 Anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs)  
 Programmierbare logische Schaltung (PLDs, Programmierbarkeit,  
 Vorteile, Anwendungen, Programmierung) Rechnerarten  
 \*Bussysteme:\* Bussysteme (Master, Slave, Arbitr, Routing,  
 Repeater) Arbitrierung Topologien (physikalische und logische  
 Topologie, Kennwerte, Punkt-zu-Punkt-Topologie, vermaschtes  
 Netz, Stern-Topologie, Ring-Topologie, Bus-Topologie, Baum-  
 Topologie, Zell-Topologie) Übertragungsmedien (Mehrdrahtleitung,  
 Koaxialkabel, Lichtwellenleiter) ISO-OSI-Referenzmodell Physikalische  
 Schnittstellenstandards (RS-232C, RS-422, RS-485) Feldbussysteme,  
 GPIB (IEC-625-Bus), Messgerätebusse  
 \*USB Universal Serial Bus:\* Struktur des Busses Verbindung der  
 Geräte, Transceiver, Geschwindigkeitserkennung, Signalkodierung  
 Übertragungsarten (Control-Transfer, Bulk-Transfer, Isochrone-  
 Transfer, Interrupt-Transfer, Datenübertragung mit Paketen) Frames und  
 Mikroframes, Geschwindigkeiten, Geschwindigkeitsumsetzung mit Hub  
 Deskriptoren und Software Layer Entwicklungstools Compliance Test  
 USB 3.0  
 \*Digitale Filter:\* Analoge Filter Eigenschaften und Charakterisierung  
 von digitalen Filtern Digitale Filter (Implementierung, Topologien,  
 IIR-Filter und FIR-Filter) und Formen Messwert-Dezimirer, digitaler  
 Mittelwertfilter, Gaußfilter Fensterfunktionen, Gibbs-Phänomen  
 Realisierung mit MATLAB Vor- und Nachteile digitaler Filter  
 \*Messdatenauswertung:\* Absolute, relative, zufällige und  
 systematische Messabweichungen, Umgang mit Messabweichungen,  
 Kalibrierung Korrelationsanalyse Kennlinienabweichungen  
 und Methoden zu deren Ermittlung Regressionsanalyse  
 Kennlinienkorrektur Approximation, Interpolation, Extrapolation  
 Arten der Kennlinienkorrektur Messpräzision, Messgenauigkeit,  
 Messrichtigkeit, Fehlerfortpflanzungsgesetz (altes Konzept),  
 Messunsicherheit und deren Bestimmung Vorgehensweise zur  
 Ermittlung der Unsicherheit, Monte-Carlo-Methode  
 \*Schaltungs- und Leiterplattenentwurf:\* Leiterplatten  
 Leiterplattenmaterial Leiterplattenarten Durchkontaktierungen  
 Leiterplattenentwurf und -entflechtung Software Leiterplattenherstellung  
 \*Contents\*  
 \*Basics:\* Terms (quantity, quantity value, measurand, measurement  
 unit, principle of measurement, measurement, measuring chain,  
 measurement signal, information parameter, analogue and digital signal)  
 Principle of a measuring instrument, direct and indirect measurement,  
 characteristic curves and characteristic curve types, analogue and  
 digital measuring methods, continuous and discontinuous measurement,  
 time and value discretisation, resolution, sensitivity, measuring  
 interval (range) Signal, measurement signal, classification of signals  
 (information parameter) Signal description, Fourier series and Fourier  
 transformation Fourier analysis DFT and FFT (practical realization)  
 Aliasing and Shannon's sampling theorem Transfer behaviour (response

functions, frequency response, transfer function) Laplace transform, digitisation chain, Z-transform and wavelet transform

**\*Processing and transmission of analogue signals:** Measuring amplifiers, operational amplifiers (ideal and real, feedback) Characteristics of operational amplifiers Frequency-dependent gain of operational amplifiers Operational amplifier types Feedback and basic circuits (comparator, inverting amplifier, non-inverting amplifier, impedance converter, current-voltage converter, differential amplifier, integrator, differentiator, inverting adder, subtractor, logarithmic, exponential function generators, instrumentation amplifier) OPV with differential output Analogue filter (low pass filter, high pass filter, band pass filter, band elimination filter, Bodeplot, phase shifting, active analogue filters) Measurement signal transmission (standard signals, connection variants) Voltage-frequency converters Galvanic isolation and optical transmission modulators and demodulators multiplexers and demultiplexers sample-and-hold amplifier

**\*A/D and D/A converter:** Digital and analogue signals Digitisation chain A/D converter (follow-up ADC, weighing method, ramp A/D converter, dual slope method, charge-balancing ADC, parallel ADC, cascade ADC, pipeline A/D converter, the delta-sigma A/D converter / 1-bit to N-bit converter, application, characteristics, deviations, signal-to-noise ratio) Digital-to-analogue conversion chain D/A converter (direct or parallel converters, weighing method, counting method, pulse width modulation, delta-sigma converter / 1-bit to N-bit converter)

**\*Digital signal processing:** Digital codes Switching networks (combinatorial circuit logic) Boolean algebra and basic logic operations Sequential circuit (sequential switching networks) Storage elements (flip-flops, sequential basic circuits), semiconductor memory (static and dynamic, FIFO) Application Specific Integrated Circuits (ASICs) The programmable logic device (PLD, programmability, benefits, applications, programming) computer types

**\*Data bus systems:** Bus systems (master, slave, arbiter, routing, repeater) Arbitration Topologies (physical and logical topology, characteristics, point-to-point topology, mesh network, star topology, ring topology, bus topology, tree topology, cell topology) Transmission media (multi-wire cable, coaxial cable, fibre optic cable) ISO OSI reference model Physical interface standards (RS-232C, RS-422, RS-485) Fieldbus systems, GPIB (IEC-625 bus) , Measuring device buses

**\*USB Universal Serial Bus:** Bus structure Connection of the devices, transceiver, speed detection, signal coding Transfer types (control transfer, bulk transfer, isochronous transfer, interrupt transfer, data transfer with packages) Frames and micro-frames, speeds, speed conversion with hubs Descriptors and software Layer development tools Compliance test USB 3.0

**\*Digital filters:** Analogue filter Properties and characterization of digital filters Digital Filter (implementation, topologies, IIR filters and FIR filters) and forms Measurement value decimator, digital averaging filter, Gaussian filter Window functions, Gibbs phenomenon Realisation with MATLAB Advantages and disadvantages of digital filters

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <p>*Data analysis:* Absolute, relative, random and systematic errors, handling of measurement errors, calibration Correlation analysis Characteristic curve deviations and methods for their determination Regression analysis Characteristic curve correction Approximation, interpolation, extrapolation Kinds of characteristic curve correction Measurement precision, measurement accuracy, measurement trueness, error propagation law (old concept), uncertainty and their estimation Procedure for determining the uncertainty, Monte Carlo method</p> <p>*Circuit and PCB design:* Printed circuit boards (PCB) PCB material PCB types Vias PCB design and deconcentration Software PCB production</p>                             |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können einen Überblick zur rechnergestützten Messtechnik sowie deren Einsatzgebiete wiedergeben.</li> <li>• Die Studierenden können Wissen zur rechnergestützten Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und visualisierung als Grundlage für zielorientierte, effiziente Entwicklung und für kontinuierliche Produkt- und Prozessverbesserung abrufen</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden können rechnergestützte Werkzeuge für die Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und -visualisierung auswählen und bewerten.</li> </ul> </li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | <p>11 Messtechnik und Qualitätsmanagement Bachelor of Science Mechatronik 2009</p> <p>2 Sensorik und Autonome Systeme Bachelor of Science Mechatronik 2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Sommersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | <p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | <b>Literaturhinweise</b> | <p>International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <a href="http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html">http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html</a></p> <p>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012</p> <p>Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5</p> <p>Lerch, Reinhard: Elektrische Messtechnik. 6. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 ISBN 978-3-642-22608-3</p> <p>Richter, Werner: Elektrische Meßtechnik. 3. Auflage, Verlag Technik Berlin, 1994 - ISBN 3-341-01106-4</p> <p>H. Czichos (Hrsg.): Das Ingenieurwissen Gebundene. 7. Auflage, Springer Verlag, 2012, ISBN 978-3-642-22849-0.</p> <p>Best, Roland: Digitale Meßwertverarbeitung. Oldenbourg München, 1991 - ISBN 3-486-21573-6.</p> <p>E DIN IEC 60050-351:2013-07 International Electrotechnical Vocabulary Part 351: Control technology / Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 351: Leittechnik.</p> <p>DIN 44300:1982-03 Informationsverarbeitung; Begriffe.</p> <p>DIN 44300-1:1995-03 Informationsverarbeitung - Begriffe - Teil 1: Allgemeine Begriffe.</p> <p>DIN 40900-12:1992-09 Graphische Symbole für Schaltungsunterlagen; Binäre Elemente.</p> |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                   |               |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97246 | <b>Qualitätsmanagement</b><br>Quality management                                                  | <b>5 ECTS</b> |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung: Qualitätstechniken - QTeK - vhb (2 SWS)<br>Vorlesung: Qualitätsmanagement QMaK (2 SWS) | -<br>-        |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                      |               |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b>    | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5 | <b>Inhalt</b>                    | <p>*Qualitätsmanagement I - Qualitätstechniken für die Produktentstehung [QM I]*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung und Begriffe</li> <li>• Grundwerkzeuge des Qualitätsmanagements</li> <li>• Erweiterte Werkzeuge des Qualitätsmanagements</li> <li>• Qualitätsmanagement in der Produktplanung (QFD)</li> <li>• Qualitätsmanagement in der Entwicklung und Konstruktion (DR, FTA, ETA, FMEA)</li> <li>• Versuchsmethodik</li> <li>• Maschinen- und Prozessfähigkeit, Qualitätsregelkarten</li> <li>• Zuverlässigkeitstechniken</li> <li>• Qualitätsmanagementsystem - Aufbau und Einführung</li> <li>• [Grundwerkzeuge des QM (Einsendaufgabe)]</li> <li>• [QFD und FMEA (Einsendaufgabe)]</li> <li>• [Versuchsmethodik (Einsendaufgabe)]</li> <li>• [SPC (Einsendaufgabe)]</li> </ul> <p>*Qualitätsmanagement II - Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement [QM II]*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätsmanagementsystem - Auditierung und Zertifizierung</li> <li>• Total Quality Management und EFQM-Modell</li> <li>• Ausbildung und Motivation</li> <li>• Kontinuierliche Verbesserungsprogramme und Benchmarking</li> <li>• Problemlösungstechniken und Qualitätszirkel</li> <li>• Qualitätsbewertung</li> <li>• Qualität und Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Six Sigma</li> <li>• Qualitätsmanagement bei Medizinprodukten</li> <li>• [Qualitätsbewertung (Übung)]</li> <li>• [Qualitätsbezogene und Wirtschaftlichkeit (Übung)]</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Nach dem Besuch des Moduls sind die Teilnehmenden in der Lage, Wissen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ die Werkzeuge, Techniken und Methoden des Qualitätsmanagements entlang des Produktlebenszyklus darzustellen</li> <li>◦ die Zuverlässigkeit von Systemen zu beschreiben</li> <li>◦ Wissen zu Qualitätsmanagement als unternehmens- und produktlebenszyklusübergreifende Strategie zu veranschaulichen</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anforderungen, Aufbau, Einführung sowie die Auditierung und Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen darzustellen</li> <li>◦ die grundlegenden Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeuge auf ein anderes Problem zu übertragen</li> <li>◦ Prozesse mit Hilfe der statistischen Prozesslenkung (SPC), Qualitätsregelkarten und Prozessfähigkeitsindizes zu beschreiben</li> <li>◦ Business Excellence anhand Total Quality Management (TQM), Unternehmensbewertungsmodelle wie EFQM und kontinuierlicher Verbesserungsprozesse im Unternehmen auszuführen</li> <li>◦ die Wirtschaftlichkeit von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen zu demonstrieren</li> <li>◦ die Methodik Six Sigma" zu beschreiben und dem Kontext der Qualitätsverbesserung zuzuordnen</li> <li>◦ mit Hilfe der Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeugen Probleme zu analysieren</li> <li>◦ statistische Versuchspläne auf praktische Probleme zu übertragen und aus den Ergebnissen die Zusammenhänge und Einflüsse der Faktoren zu interpretieren</li> <li>◦ Handlungsgrundlagen hinsichtlich Ausbildungs-, Motivations- und Organisationsverbesserung zu ermitteln</li> <li>◦ statistische Auswertungen zu interpretieren und neue Probleme auf statistische Auffälligkeiten zu testen</li> <li>◦ die Qualität mit etablierten Vorgehensweisen zu bewerten</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 11 Messtechnik und Qualitätsmanagement Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (120 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | in jedem Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A - Z, Carl Hanser Verlag, München 2011</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

- |  |                                                                                                                                           |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pfeifer, T.; Schmitt, R.: Masing Handbuch<br/>Qualitätsmanagement, Hanser, München 2021</li></ul> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                  |                                                                                                                                  |                      |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97247 | <b>Fertigungsmesstechnik I</b><br>Manufacturing metrology I                                                                      | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Vorlesung Fertigungsmesstechnik I (4 SWS)<br><br>Vorlesung mit Übung: Übung Fertigungsmesstechnik I (4 SWS) | 5 ECTS<br><br>5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                     |                      |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen: Teilgebiete der industriellen Messtechnik, Grundaufgaben der Fertigungsmesstechnik, Messbedingungen und Zeitpunkte, Methoden und Teilaufgaben der Fertigungsmesstechnik, Ziele der Fertigungsmesstechnik; Begriffsdefinitionen: Messen, Überwachen, Prüfen, Überwachen, Lehren, Geschichte der Fertigungsmesstechnik, Ausrüstung in der Fertigungsmesstechnik, Grundeinteilung der Mess- und Prüfmittel, klassische Fertigungsmesstechnik, Koordinatenmesstechnik; Begriffe der Messtechnik (Wiederholung aus Grundlagenvorlesung): Messgröße, Größenwert, Messergebnis, Messwert, Messprinzip, Messmethode, Messverfahren, Empfindlichkeit, Messbereich, Auflösung (Orts- bzw. Skalenauflösung vs. Strukturauflösung, Amplituden-Wellenlängen-Diagramm), wahrer Wert, vereinbarter Wert, systematische und zufällige Messabweichung, Kalibrierung, Verifizierung, Eichung, Validierung, Messpräzision, Messgenauigkeit, Messrichtigkeit, Messunsicherheit</li> <li>Längenmesstechnik (Handmessmittel und Normale): Aufgaben und Einsatz der Längenmesstechnik, Messschieber (Aufbau, Ablesung), Nonius, Parallaxenabweichung, Abweichung 1.- Ordnung, Abbe'sches Komparatorprinzip, Messvarianten mit Messschiebern, Bauformen von Messschiebern, Messschrauben (Aufbau, Ablesung), Abweichung 2.- Ordnung, Bauformen von Messschrauben, Messuhr, Feinzeiger, Fühlhebelmessgerät, induktive Messtaster (Aufbau, Kennlinie), Ursachen von Messabweichungen: Messkreis, Temperatureinflüsse, Ausdehnungskompensation, Flächenpressung und Abplattung, Deformation von Messplatten und langen Teilen, Kippungs- und Führungsabweichungen, Formabweichungen und -änderungen (Gleichdick bzw. Reuleaux-Polygone), Ellipse und Dreibogengleichdick, Dreipunktmessung, Zentrierfehler und Zentrierhilfen; Werkstoffe für Messkreise: Aluminium, Stahl, Invar 36, Super Invar 32-5, Naturstein, Polymerbeton, Keramiken, Gesintertes Siliziumcarbid, NEXCERA N113G, Titanium-Silikatglas ULE, Zerodur, mechanische Spannungen</li> </ul> |

und Kriechen; Maßverkörperungen: Parallelendmaße, Fühlerlehren, Grensrachenlehren

- Längenmesstechnik (Maßstäbe und Encoder):  
Maßstäbe mit visueller Ablesung: Maßstäbe mit Skalen, Auflösungsvermögen des Auges, Spiralokular, Abweichung 1.- und 2.-Ordnung (Messmikroskop), Abbe Komparator, Eppensteinprinzip; optische inkrementelle Encoder: Längenmessungen mit inkrementellen Encodern, Teilungsbreite vs. Detektorgröße, Moiré-Effekt, Prinzip eines optischen inkrementellen Encoders, Ermittlung Bewegungsrichtung Inkremental-Encoder, Quadratursignale und richtungsabhängige Zählung (Abtastplatte), Netzwerkinterpolatoren (Auflösungserhöhung), Demodulation für Encodersignale, Demodulationsabweichungen (Quantisierungs-, Amplituden-, Offset- und Phasenabweichungen), Heydemannkorrektur, Differenzsignale, Abtastung (abbildendes Prinzip, Durchlicht und reflektiertes Licht), kodierte Referenzmarken, Einfeldlesekopf, Abtastung (interferentielles Prinzip, reflektiertes Licht), Drei-Achsen-Verschiebungssensoren; optische absolute Encoder: absolut codierte Maßstäbe, V- und U-Anordnung und Gray Code, Pseudo Random Code; magnetische, induktive und kapazitive Linearencoder: magnetische Linearencoder, induktive Linearencoder, kapazitive Linearencoder; Längenmessgeräte: Universallängenmessgerät, Höhenmessgerät
- Längenmesstechnik (Interferometer): Interferenz und Interferometer: Interferometrie, Michelson Versuch, Interferenz, Wellengleichung, transversale elektromagnetische Welle (TEM), Polarisierung des Lichtes, Überlagerung von Wellen (konstruktive und destruktive Interferenz), Voraussetzung für die interferometrische Längenmessung, Interferenz von Lichtwellen, Homodynprinzip, Heterodynprinzip, Interferenz am Michelson-Interferometer, Interferenz am Homodyninterferometer, Abstand der Interferenzlinien, Einteilung von Interferometern; Demodulation von Interferometersignalen: Demodulation am Homodyninterferometer, Demodulation am Heterodyninterferometer, Vergleich der Homodyn- und Heterodyninterferometer, Luftbrechzahl, parametrische und interferometrische Erfassung, Totstreckenkorrektur, praktische Realisierung der Demodulation am Homodyninterferometer, Quantisierungsabweichungen, Demodulationsabweichungen durch Quadratursignalrauschen, Längenabweichungen durch Offset-, Amplituden- und Phasenabweichungen, Kompensation der statischen Abweichungen, verbleibende dynamische Abweichungen; Kohärenz: räumliche und zeitliche Kohärenz, Kohärenzlänge von Einfrequenz- und Zweifrequenzlasern sowie Weißlicht; He-Ne-Laser und

- Rückführbarkeit: spontane und stimulierte Emission, Laser (Aufbau, Resonator und Entstehung der Lasermode(n)), Resonatoranordnungen, Gauß-Strahlen, Transformation von Gauß-Strahlen (dünne Linsen), He-Ne-Laser (Energiezustände, Aufbau, Prinzip, Verstärkungskurve und Lasermode(n), Frequenzstabilität), Methoden zur Stabilisierung von He-Ne-Lasern (Lamb-dip, externe Absorptionszelle, Intensitätsgleichheit bei Zeeman-Aufspaltung, Intensitätsgleichheit orthogonal linear polarisierter Mode(n)), Messung der Beatfrequenz, optischer Frequenzkamm, Rückführbarkeit der Längenmessung (kurze Strecken), Realisierung der Meterdefinition, Rückführbarkeit der Längenmessung (große Strecken); Absolutinterferometrie: Mehrwellenlängeninterferometer; Interferometeraufbauten: Oberflächenspiegel, Prismen, Retroreflektoren, Strahlteiler, planparallele Platte, Drehkeilpaar, Linearpolarisatoren - strahlteilende Polarisatoren, Lambda/2- und Lambda/4-Platten, Faraday-Isolator, Baukastensysteme, Aufbauvarianten, Messabweichungen und Messkreise, Kompaktinterferometer (z. B. Homodyninterferometer), Kombination von Kippinvarianz und lateraler Verschiebung, Justage von Interferometern; Anwendung von Interferometern: Präzisions-Längenkomparator, Kalibrierinterferometer, Laser Tracer, Multilateration, Laser Vibrometrie, Interferenzkomparator
- Winkel- und Neigungsmesstechnik: Winkelmessung und Aufgaben: ebener Winkel, Raumwinkel, Messaufgaben; Winkelmaßverkörperungen: Einzelwinkelnormale, Winkelendmaße, Sinuslineal, Sinus-Winkel-Einstellgerät, Tangenslineal, Winkelprisma verstellbar, mechanische Kreisteilungsnormale, optische Kreisteilungsnormale, Winkelencoder (optisch oder induktiv), Spiegelpolygon, Pentaprisma; Winkelmessgeräte: Winkelmesser, Universalwinkelmesser, Winkelencoder (inkrementell absolut codiert); Messabweichungen: Scheitel- und Schenkeldeckung, Doppelablesung (180°-Ablesung); Neigungsmessung: Wasserwaagen, Libellen, Koinzidenzlibelle, Schlauchwaage, Klinometer/ Inklinometer (MEMs, Kraftkompensationssensoren); optische Winkelmessgeräte: Fernrohr, Kollimator, Strichplatten, Kollimator und Fernrohr, Autokollimator (visuelle und elektronische Ablesung), Autokollimator-Anwendungen (Winkelverschiebung, Geradheitsmessung, Rechtwinkligkeitsmessung, Kalibrierung von Drehtischen), Sextant, Theodolit und Tachymeter, Lasertracker, Winkelmessung mit Laserinterferometern, Kalibrierinterferometer
  - Geometrische Produktspezifikation und Verifikation (GPS): Grundlagen der GPS: Systematik der Gestaltabweichungsarten (Maß-, Form-, Lageabweichungen und Abweichung der Oberflächenbeschaffenheit),

Ordnungssystem für Gestaltabweichungen, geometrischen Toleranzen, Entwicklung der Normung und Messtechnik, System der geometrischen Produktspezifikation, ISO-GPS-Matrix, Grundsätze, Dualitätsprinzip, Operatoren, Begriffsdefinition von Geometrieelementen (Nenn-, wirkliches, erfasstes und zugeordnetes Geometrieelement, ...), Standardgeometrieelemente; Toleranzen von Längenmaßen: Größenmaße, Spezifikationsmodifizierer für Längenmaße, Toleranzen von Längenmaßen, Nennmaß, Grenzmaß, Abmaß, Grenzabmaß, ISO-Toleranzsystem für Längenmaße ISO-Passungen; Toleranzen von Winkelmaßen: Spezifikationsmodifizierer für Winkelmaße, Winkelgrößenmaße; Entscheidungsregeln für Konformitäts- und Nichtkonformitätsnachweis: Kennwerte für Messabweichungen, „Goldene Regel“ der Messtechnik nach Berndt (ca. 1924), Prüfung auf Konformität, Prüfung auf Nichtkonformität; Bezüge, Form-, Richtungs-, Orts- und Lauftoleranz, zusätzliche Spezifikationen (grundlegende GPS-Spezifikationen, Unabhängigkeitsprinzip, Maximum-Material-Bedingung, Minimum-Material-Bedingung, Reziprozitätsbedingung, Hüllbedingung, "Taylor'scher Grundsatz", freier Zustand; Allgemeintoleranzen, Welligkeit und Rauheit, Kanten mit unbestimmter Gestalt, definierte Übergänge zwischen Geometrieelementen (Kante bestimmter Gestalt), Produktionsprozessspezifische Normen (Gußteile, Kunststoff-Formteile, thermisches Schneiden)

- Taktile Koordinatenmesstechnik: Historie, Gerätetechnik: Grundanordnung, konventionelle und unkonventionelle Bauarten, Gerätetechnik (Antriebe, Führungen, Längenmesssysteme), Tastsysteme (Übersicht, Messung der Auslenkung, Messsignale, Antastung, Einzelpunktantastung, Scanning, Richtungsempfindlichkeit, Erzeugung der Antastkraft, Kinematik, Bestandteile, kinematische Kopplungen, Dreh-Schwenk-System, Taster, Arten von Tastsystemen, mechanische Filterwirkung), Steuereinheit, Zusatzeinrichtungen (Drehtisch, Taster- und Messkopfwechselbank, Werkstückfixierung); Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Messung: Beschreiben und Festlegen der Messaufgabe inkl. Bezugssystem, Feststellen Einflüsse auf das Messergebnis, Vorbereitung der Messung, Aufspannen des Werkstücks, Auswahl des Messkopfes und Tasters, Einmessen des Tasters, Festlegen der Messstrategie, Auswertung der Messergebnisse (Ausgleichsverfahren, Operatoren, Messunsicherheitsbestimmung); Spezifikation, Parameter und Prüfung (Annahme- und Bestätigungsprüfung, Überwachung von Koordinatenmessgeräten, Normale, Spezifikation)
- Taktile Oberflächenmesstechnik: Oberflächen, Charakterisierung von Oberflächen,

Oberflächenmessprinzipien, Wechselwirkung und Einflussgrößen, Oberflächenmessverfahren; taktile Messverfahren: Tastschnittgeräte, Diamant-Tastspitze, Messumformer, morphologische Filterwirkung, Bauarten; Überblick Oberflächenparameter; Profilparameter (2D; DIN EN ISO 4287 und DIN EN ISO 21920-2): Auswertung eines Oberflächenprofils, Filterung, Messstrecke und Einzelmessstrecken, Senkrechtkenngrößen, Waagrechtkenngrößen, gemischte Kenngrößen, Kenngrößen aus charakteristischen Kurven, Motifkenngrößen; Flächenparameter (3D; DIN EN ISO 25178-2): Auswertung einer Flächentopographie, Höhenparameter, Hybridparameter, flächenhafte Materialanteilkurve, Topographische Elemente; Streulichtparameter: Varianz der Verteilungskurve

### **Content:**

- Basics: Sub-areas of industrial metrology, basic tasks of manufacturing metrology, measuring conditions and points in time, methods and subtasks of manufacturing metrology, objectives of manufacturing metrology; definitions of terms: measuring, monitoring, testing, checking, gauging, history of manufacturing metrology, equipment in manufacturing metrology, basic classification of measuring and testing equipment, classical manufacturing metrology, coordinate metrology; terms of metrology (repetition from fundamental lecture): measured quantity, quantity value, measurement result, measured value, measurement principle, measurement method, measurement procedure, sensitivity, measurement range, resolution (spatial or scale resolution vs. structural resolution, amplitude-wavelength diagram), true value, agreed value, systematic and random measurement deviation, calibration, verification, validation, measurement precision, measurement accuracy, measurement correctness, measurement uncertainty
- Length measuring technique (hand-held measuring devices and standards): tasks and use of length measuring technique, caliper (construction, reading), vernier, parallax deviation, error of the 1st order, Abbe's comparator principle, measuring variants with calipers, types of calipers, micrometers (construction, reading), error of the 2nd order, types of micrometers, dial gauge, vernier pointer, lever gauge, inductive probes (construction, characteristic curve), causes of measuring errors: measuring circuit, temperature influences, expansion compensation, surface contact pressure and flattening, deformation of measuring plates and long parts, tilting and guiding deviations, shape deviations and changes (equal thickness or Reuleaux polygons), ellipse and three-arc equal thickness, three-point measurement, centring errors and centring aids; materials for measuring circuits: Aluminium, steel, Invar 36, Super Invar 32-5, natural stone, polymer

concrete, ceramics, sintered silicon carbide, NEXCERA N113G, titanium silicate glass ULE, Zerodur, mechanical stresses and creep; Dimensional standards: gauge blocks, feeler gauges, limit gauges

- Length measuring technique (scales and encoders): scales with visual reading: scales with graduations, resolving power of the eye, spiral eyepiece, 1st and 2nd order error (measuring microscope), Abbe comparator, Eppenstein principle; optical incremental encoders: length measurement with incremental encoders, graduation width vs. detector size, Moiré effect, principle of an optical incremental encoder, determination of direction of movement incremental encoder, quadrature signals and direction-dependent counting (scanning plate), network interpolators (resolution increase), demodulation for encoder signals, demodulation deviations (quantisation, amplitude, offset and phase deviations), Heydemann correction, differential signals, scanning (imaging principle, transmitted and reflected light), coded reference marks, single-field reading head, scanning (interferential principle, reflected light), three-axis displacement sensors; optical absolute encoders: absolute coded scales, V and U arrangement and Gray code, pseudo random code; magnetic, inductive and capacitive linear encoders: magnetic linear encoders, inductive linear encoders, capacitive linear encoders; linear encoders: universal linear encoder, height encoder
- Length measurement technique (interferometer): interference and interferometer: interferometry, Michelson experiment, interference, wave equation, transverse electromagnetic wave (TEM), polarisation of light, superposition of waves (constructive and destructive interference), prerequisite for interferometric length measurement, interference of light waves, homodyne principle, heterodyne principle, interference at the Michelson interferometer, interference at the homodyne interferometer, distance of interference lines, classification of interferometers; demodulation of interferometer signals: demodulation at the homodyne interferometer, demodulation at the heterodyne interferometer, comparison of homodyne and heterodyne interferometers, air refractive index, parametric and interferometric acquisition, dead-path correction, practical realisation of demodulation at the homodyne interferometer, quantisation deviations, demodulation deviations due to quadrature signal noise, length deviations due to offset, amplitude and phase deviations, compensation of static deviations, remaining dynamic deviations; coherence: spatial and temporal coherence, coherence length of single-frequency and dual-frequency lasers and white light; He-Ne laser and traceability: spontaneous and stimulated emission, lasers (structure, resonator and origin of laser modes), resonator arrangements, Gaussian beams, transformation

of Gaussian beams (thin lenses), He-Ne lasers (energy states, structure, principle, gain curve and laser modes, frequency stability), methods for stabilising He-Ne lasers (Lamb-dip, external absorption cell, intensity equality with Zeeman splitting, intensity equality of orthogonally linearly polarised modes), measurement of beat frequency, optical frequency comb, traceability of length measurement (short distances), realisation of metre definition, traceability of length measurement (long distances); absolute interferometry: multi-wavelength interferometer; interferometer set-ups: surface mirrors, prisms, retroreflectors, beam splitters, plane-parallel plate, rotating wedge pair, linear polarisers - beam-splitting polarisers,  $\lambda/2$  and  $\lambda/4$  plates, Faraday isolator, modular systems, set-up variants, measurement errors and measurement circuits, compact interferometers (e.g. homodyne interferometer), combination of tilt invariance and lateral displacement, adjustment of interferometers; application of interferometers: precision length comparator, calibration interferometer, laser tracer, multilateration, laser vibrometry, interference comparator

- Angle and inclination measuring technology: angle measurement and tasks: plane angle, solid angle, measuring tasks; angle measuring standards: single angle standards, angle end measures, sine ruler, sine angle adjuster, tangent ruler, angle prism adjustable, mechanical circular graduation standards, optical circular graduation standards, angle encoder (optical or inductive), mirror polygon, pentaprism; angle measuring instruments: protractor, universal protractor, angle encoder (incremental absolute coded); measurement deviations: vertex and limb coverage, double reading ( $180^\circ$  reading); inclination measurement: spirit levels, bubble levels, coincidence bubble, hose level, clinometer/ inclinometer (MEMS, force compensation sensors); optical angle measuring instruments: Telescope, collimator, graticules, collimator and telescope, autocollimator (visual and electronic reading), autocollimator applications (angular displacement, straightness measurement, squareness measurement, calibration of rotary tables), sextant, theodolite and tachymeter, laser tracker, angle measurement with laser interferometers, calibration interferometer
- Geometric product specification and verification (GPS): fundamentals of GPS: systematics of shape deviation types (dimensional, form, positional and surface quality deviations), classification system for shape deviations, geometric tolerances, development of standardisation and metrology, system of geometric product specification, ISO GPS matrix, principles, duality principle, operators, definition of terms of geometry elements (nominal, real, recorded and assigned geometry element, ...), standard geometry elements;

tolerances of length dimensions: size dimensions, specification modifiers for length dimensions, tolerances of length dimensions, nominal dimension, limit dimension, allowance, limit allowance, ISO tolerance system for length dimensions ISO fits; tolerances of angle dimensions: specification modifiers for angular dimensions, angular size dimensions; decision rules for proof of conformity and non-conformity: characteristic values for measurement deviations, "Golden Rule" of metrology according to Berndt (ca. 1924), verification of conformity, verification of non-conformity; references, shape, direction, location and running tolerance, additional specifications (basic GPS specifications, independence principle, maximum material condition, minimum material condition, reciprocity condition, envelope condition, "Taylor's principle", free state; general tolerances, waviness and roughness, edges of indeterminate shape, defined transitions between geometry elements (edge of determinate shape), production process specific standards (castings, moulded plastic parts, thermal cutting)

- Tactile coordinate measuring technology: history, instrument technology: basic arrangement, conventional and unconventional designs, machine technology (drives, guideways, length measuring systems), tactile systems (overview, measurement of deflection, measuring signals, probing, single-point probing, scanning, directional sensitivity, generation of probing force, kinematics, components, kinematic couplings, rotary-tilt system, probes, types of tactile systems, mechanical filter effect), control unit, additional equipment (rotary table, probe and measuring head changing bench, workpiece fixing); preparation, execution and evaluation of the measurement: describing and specifying the measuring task incl. reference system reference system, determining influences on the measurement result, preparing the measurement, clamping the workpiece, selecting the measuring head and probe, calibrating the probe, determining the measurement strategy, evaluating the measurement results (compensation methods, operators, determining the measurement uncertainty); specification, parameters and testing (acceptance and confirmation testing, monitoring coordinate measuring machines, standards, specification)
- Tactile surface metrology: surfaces, characterisation of surfaces, surface measuring principles, interaction and influencing variables, surface measuring methods; tactile measuring methods: tactile measuring methods: stylus instruments, diamond stylus tip, transducer, morphological filter effect, types; overview of surface parameters; profile parameters (2D; DIN EN ISO 4287 and DIN EN ISO 21920-2): evaluation of a surface profile, filtering, measuring section and individual measuring sections, perpendicular parameters,

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | horizontal parameters, mixed parameters, parameters from characteristic curves, motif parameters; surface parameters (3D; DIN EN ISO 25178-2): evaluation of an area topography, height parameters, hybrid parameters, area material proportion curve, topographic elements; scattered light parameters: variance of the distribution curve                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6  | <b>Lernziele und Kompetenzen</b>         | <p><b>Wissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können die Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Fertigungsmesstechnik darlegen.</li> <li>Die Studierenden können die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen Größen an Werkstücken nennen.</li> <li>Die Studierenden können Messaufgaben, deren Durchführung und Auswertung von Messungen beschreiben.</li> </ul> <p><b>Verstehen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können Messergebnisse und das zugrunde liegenden Verfahren angemessen kommunizieren und interpretieren.</li> </ul> <p><b>Anwenden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können Messaufgaben durch das Erlernte implementieren.</li> <li>Die Studierenden können geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik eigenständig auswählen.</li> </ul> <p><b>Analysieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und analysieren.</li> <li>Die Studierenden können Schwachstellen in der Planung und Durchführung selbstständiges erkennen.</li> <li>Die Studierenden können Messergebnissen aus dem Bereich der Fertigungsmesstechnik bewerten</li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | Für eine optimale Vorbereitung empfiehlt sich eine Belegung des Moduls "Grundlagen der Messtechnik". Dies ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung für das Modul "Fertigungsmesstechnik I".                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 11 Messtechnik und Qualitätsmanagement Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                 | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b> | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3</li> <li>• DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Beuth Verlag GmbH, 3. Auflage 2010</li> <li>• Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 ISBN 3-486-24219-9</li> <li>• Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2011 ISBN 978-3-8348-0692-5</li> <li>• Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 ISBN 3-540-11784-9</li> <li>• Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 ISBN 978-3-937889-51-2</li> <li>• Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 ISBN 3-478-93212-2</li> <li>• Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmesstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 ISBN 3-478-93264-5</li> <li>• Joza, Jan: Messen großer Längen. VEB Verlag Technik Berlin, 1969</li> <li>• Henzold, Georg: Form und Lage. 3. Auflage, Beuth Verlag GmbH Berlin, 2011 ISBN 978-3-410-21196-9</li> <li>• Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012</li> <li>• *Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik*</li> <li>• [Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall]<a href="http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0">http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0</a></li> <li>• [Multisensor-Koordinatenmesstechnik]<a href="http://www.koordinatenmesstechnik.de/">http://www.koordinatenmesstechnik.de/</a></li> <li>• [E-Learning Kurs AUKOM Stufe 1]<a href="http://www.aukom-ev.de/deutsch/elearning/content.html">http://www.aukom-ev.de/deutsch/elearning/content.html</a></li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                        |                      |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | <b>Modulbezeichnung</b><br>97248 | <b>Prozess- und Temperaturmesstechnik</b><br>Process and temperature metrology                                                                         | <b>5 ECTS</b>        |
| 2 | Lehrveranstaltungen              | Vorlesung mit Übung: Übung Prozess- und Temperaturmesstechnik (4 SWS)<br><br>Vorlesung mit Übung: Vorlesung Prozess- und Temperaturmesstechnik (4 SWS) | 5 ECTS<br><br>5 ECTS |
| 3 | Lehrende                         | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                           |                      |

|   |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <b>Modulverantwortliche/r</b> | Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <b>Inhalt</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturmesstechnik: Messgröße Temperatur: (thermodynamische Temperatur, Symbole, Einheiten, Neudefinition der SI Einheiten, Temperatur als intensive Größe, Prinzip eines Messgerätes, direkte Messung und Voraussetzungen, indirekte Temperaturmessung und Voraussetzungen, Überblick primäre Temperaturmessverfahren, unmittelbar und mittelbare Temperaturmessung) Prinzipielle Einteilung der Temperaturmessverfahren, Temperaturskalen: praktische Temperaturskalen (Tripelpunkte, Schmelz- und Erstarrungspunkte), klassische Temperaturskalen (Benennung und Fixpunkte), ITS 90 (Bereich, Fixpunkte, Interpolationsinstrumente) Grundlagen der Temperaturmessung mit Berührungsthermometer<br/>Mechanische Berührungsthermometer<br/>Widerstandsthermometer (Pt100, NTC, PTC, Kennlinie, Messschaltungen) Thermoelemente (Grundlagen, Aufbau, Vergleichsstelle, Bauformen) Spezielle Temperaturmessverfahren (Rauschtemperaturmessung, Quarz-Thermometer) Strahlungsthermometer (Grundlagen, Prinzip, Schwarzer Strahler)</li> <li>• Wägetechnik: Messgrößen Masse und Gewicht, Prototypen, Rückführung und Masseableitung, Neudefinition des kg, Einflüsse auf Massenmessung, Balkenwaagen, Federwaagen, Elektromagnetische Kraftkompensationswaage, Komparatoren</li> <li>• Messen der Dichte: Messgröße Dichte, Einteilung der Dichtemessverfahren, Messverfahren für feste, flüssige und gasförmige Stoffe</li> <li>• Messen des Druckes: Messgröße Druck, Einteilung der Druckmessverfahren, Druckwaagen, Flüssigkeitsmanometer und Barometer, federelastische Druckmessgeräte, Druckmessumformer, Druckmittler, piezoelektrische Druckmessgeräte</li> <li>• Messen des Durchflusses: Messgröße Durchfluss, Einteilung der Durchflussmessverfahren, Volumetrische Messverfahren, Massendurchflussmessung</li> <li>• Messen des Füllstandes und Grenzstandes: Grundlagen (Messgrößen Füllstand und Grenzstand, Behälter, Einteilung), Messverfahren</li> </ul> |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Messen der Feuchte: Grundlagen (Messgröße Feuchte), Gasfeuchtemessung, Materialfeuchtemessung</li> </ul> <p><b>Content:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Temperature measurement: Measure "temperature (thermodynamic temperature, symbols, units, temperature and intensive quantity, principle of a measuring instrument, and direct measurement conditions, indirect temperature measurement and conditions Overview primary temperature measurement methods, direct and indirect temperature measurement) Basic classification of temperature measurement methods Temperature scales: practical temperature scales (triple points, melting and solidification points), classical temperature scales (naming and fixed points), ITS 90 (range, fixed points, interpolating instruments) Mechanical contact thermometers Resistance thermometer (Pt100, NTC, PTC, characteristic, measurement circuits) Thermocouples (foundations, structure, junction, mounting positions) Special methods of temperature measurement (noise temperature measurement, quartz thermometer) Pyrometer Static and dynamic thermal sensors</li> <li>Weighing technology: Mass and weight, prototypes, traceability of mass, new definition of the kg, influences on mass measurement, beam balances, spring scales, electromagnetic force compensation, comparators</li> <li>Measurement of density: Measurand density, Classification of density measurement methods, measurement procedures for solid, liquid and gaseous substances</li> <li>Measurement of pressure: Measurand pressure, Classification of pressure measuring method, Pressure balances Liquid manometers and barometers, Resilient pressure gauges, Pressure transmitters, Diaphragm seals, Piezoelectric pressure gauge</li> <li>Measurement of flow: Measurand flow, Classification of flow measurement methods, Volumetric measurement methods, Mass flow measurement</li> <li>Measurement of filling level and limit state: Fundamentals (Measurands filling level and limit state, tanks, classification), Measuring methods</li> <li>Measurement of humidity: Fundamentals (Measurand humidity), Gas humidity measurement, Material humidity measurements</li> </ul> |
| 6 | <b>Lernziele und Kompetenzen</b> | <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Prozessmesstechnik.</li> <li>Die Studierenden können Messaufgaben, die Durchführung und Auswertung von Messungen beschreiben.</li> </ul> <p>Verstehen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können Messergebnissen und der zugrundeliegenden Verfahren angemessen kommunizieren und interpretieren.</li> <li>Die Studierenden verstehen die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von nicht-geometrischen Prozessgrößen.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können Messaufgaben in den genannten Bereichen analysieren und beurteilen.</li> <li>Die Studierenden können Messergebnissen aus dem Bereich Prozessmesstechnik bewerten.</li> <li>Die Studierenden können geeignete Verfahren im Bereich Prozess- und Temperaturmesstechnik eigenständig auswählen.</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben übertragen.</li> </ul> </li> </ul> |
| 7  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Der Besuch der Grundlagen-Vorlesungen [Grundlagen der Messtechnik] (GMT) wird empfohlen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8  | <b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b> | Semester: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 9  | <b>Verwendbarkeit des Moduls</b>         | 11 Messtechnik und Qualitätsmanagement Bachelor of Science Mechatronik 2009<br>Wahlpflichtmodule Bachelor of Science Mechatronik 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | <b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>   | Klausur (60 Minuten)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11 | <b>Berechnung der Modulnote</b>          | Klausur (100%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12 | <b>Turnus des Angebots</b>               | nur im Wintersemester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>     | Präsenzzeit: 60 h<br>Eigenstudium: 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14 | <b>Dauer des Moduls</b>                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15 | <b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>  | Deutsch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>Literaturhinweise</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5</li> <li>Bernhard, Frank: Technische Temperaturmessung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004 ISBN 3-540-62672-7</li> <li>Freudenberger, Adalbert: Prozeßmeßtechnik. Vogel Buchverlag, 2000 ISBN 978-3802317538</li> <li>Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

- |  |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Beuth Verlag GmbH, 3. Auflage 2010</li></ul> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

\*Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik\*

- |  |                                                                                                                                                                                     |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• [Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall]<a href="http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0">http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0</a></li></ul> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|