

Module description

for the degree programme

Master of Science

Artificial Intelligence

(Version of examination regulation: 20211)

for the summer term 2025

Table of contents

Master's module (1999).....	10
Integrated course 3 - Quantum field theory and particle physics (66291).....	11
Astronomy (66292).....	12
Electrical engineering	
Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....	15
Photonics 1 (92390).....	17
Optical communication systems (92400).....	19
Electromagnetic fields I (92520).....	21
Electromagnetic fields II (92530).....	24
Foundations of electrical engineering I (92560).....	26
Foundations of electrical engineering II (92570).....	28
Foundations of electrical engineering III (92580).....	30
Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten (92610).....	32
Laboratory: Foundations of electrical engineering for EECE, ME, BP, CS, math (92620).....	34
Laboratory: Circuit technology (92640).....	36
Circuit technology (92660).....	38
Sensor technology (92670).....	40
Microwave technology (92720).....	42
Laboratory on microwave technology 1 (95192).....	44
Antennae (96000).....	46
Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (96260).....	48
Analogue electronic systems (96500).....	49
Elektromagnetische Verträglichkeit (96580).....	51
Laboratory course: Photonics/Laser technology 1 (242643).....	53
Numerical methods of electromagnetic fields (92501).....	56
Fields and waves in optoelectronic components (V-Fel-Wel) (96313).....	57
Laboratory course: Numerical methods for semiconductor components (92504).....	59
Robotics and automation	
Human-centered mechatronics and robotics (92345).....	62
Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....	64
Robot mechanisms and user interfaces (92359).....	66
Robotics 1 (92519).....	68
Nonlinear control systems (92529).....	69
Robotics 2 (92535).....	71
Foundations of electrical engineering III (92580).....	73
Control engineering A (Foundations) (92650).....	75
Sensor technology (92670).....	77
Estimation Methods for Control Systems (94961).....	79
Control engineering B (State-space methods) (97060).....	80
Machine Learning for Control Systems (94967).....	83
Modeling of Control Systems (92241).....	85
Numerical optimization and model predictive control (92528).....	86
Electrical engineering and drives	
Transmission system operation and control (96063).....	89
Fundamentals of electrical energy supply (92542).....	91
Foundations of electrical engineering I (92560).....	93
Foundations of electrical engineering II (92570).....	95
Electrical drives II (96120).....	97
High-voltage engineering (96240).....	100

Planning of power grids (96360).....	102
Renewable energy systems (96390).....	104
Protection and control technology (96420).....	106
Operating materials and components for electrical energy supply systems (96511)....	108
Operating performance of electrical energy systems (96521).....	110
Electrical drives I (96540).....	112
Power electronics (96630).....	115
Information Technology	
Image, video and multidimensional signal processing (96312).....	119
Communication networks (92290).....	121
Signals and systems 1 (92681).....	123
Signals and systems 2 (92682).....	125
Microwave technology (92720).....	127
Communications electronics 1 (92730).....	129
Digital signal processing (93500).....	132
Digital communications (93510).....	134
Information theory and coding (93601).....	136
Image and video compression (96310).....	139
Statistical signal processing (96430).....	142
MIMO communication systems (96300).....	144
Molecular communications (454183).....	146
Mobile communications (43141).....	148
Music processing analysis - Lecture and exercise (639119).....	150
Advanced topics in deep learning (42800).....	153
Microelectronics	
Semiconductor technology I - Integrated circuit technology (HLT I) (92513).....	156
Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I) (92521).....	158
Semiconductor devices (92590).....	160
Circuit technology (92660).....	162
Digital electronic systems (96090).....	164
Design and characterisation of high speed digital circuits (96180).....	166
Circuits and Systems of Transmission Techniques (96410).....	169
Analogue electronic systems (96500).....	171
Design of integrated circuits I (96590).....	173
Design of integrated circuits II (96600).....	175
Communication structures (96801).....	177
Multiphysics systems and components (96841).....	179
Laboratory course: Embedded microcontroller systems (PEMSY) (97530).....	181
Basics of optoelectronic components (92502).....	184
Power electronics	
Semiconductor technology III - Power semiconductor components (HL III) (92523)....	186
Semiconductor devices (92590).....	188
Control engineering A (Foundations) (92650).....	190
Circuit technology (92660).....	192
High-power converters in electrical power (96230).....	194
Pulse-controlled converters for electrical drives (96370).....	196
Elektromagnetische Verträglichkeit (96580).....	198
Power electronics (96630).....	200
Schaltnetzteile (96670).....	203
Thermal management in power electronics (96680).....	205
Control engineering B (State-space methods) (97060).....	206
Digital control (97360).....	209
Power electronics in vehicles and electric powertrains (92546).....	211

Foundations of Product Development	
Engineering drawing (94591).....	214
Foundations of product development (94711).....	218
Technical product design (97110).....	223
Manufacturing automation and production engineering	
Production engineering I+II (94570).....	229
Production systems (97101).....	232
Industrial handling and assembly technology (97121).....	233
Applied Mechanics	
Dynamics of rigid bodies (94500).....	236
Statics and mechanics of materials (94660).....	238
Quality management and manufacturing metrology	
Fundamentals of metrology (94510).....	242
Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik.....	
Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement (QM II) (23030).....	734
Quality management I - Quality engineering in the product development process (95940).....	736
Manufacturing metrology II (96925).....	738
Computer-aided metrology (96930).....	742
Manufacturing metrology I (97247).....	747
Process and temperature metrology (97248).....	757
Advanced seminar Manufacturing metrology (607629).....	761
Specialization: Healthcare Information Systems	
Informationssysteme im Gesundheitswesen (22910).....	252
IT, service, safety and risk management in hospitals (22980).....	254
Clinical data science (22991).....	256
Machine learning in clinical bioinformatics (92270).....	258
Introduction to medical informatics (93300).....	260
eHealth (742026).....	262
Medical terminologies and ontologies (22932).....	264
Specialization: Physiology	
Biosignal processing (22860).....	267
Introduction to medical informatics (93300).....	268
Specialization: Image processing	
Computer architectures for medical applications (44145).....	271
CT Reconstruction (46820).....	273
Introduction to medical informatics (93300).....	274
Medical physics in nuclear medicine (355271).....	276
Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin (741318).....	278
Computational magnetic resonance imaging (93109).....	280
Specialization Biometrics	
Introduction to medical informatics (93300).....	283
Computer-integrated production	
International supply chain management (94920).....	286
Industry 4.0 - Application scenarios in production and service (94946).....	288
Fundamentals of robotics (94951).....	290
Machine tools as a mechatronic system (95270).....	292
Automotive engineering (95340).....	294
Production systems (97101).....	296
Robotics frameworks (92880).....	297
Symbolic artificial intelligence	
Knowledge representation and processing (93134).....	300
Communication and parallel processes (173107).....	302

Practical semantics of programming languages (599478).....	304
Algebraic and logical aspects of automata theory (787141).....	306
Description Logics and Formal Ontologies (806144).....	307
Algebra of programming (lecture with practical) (861501).....	309
Artificial intelligence I (894856).....	311
Modal logic (984981).....	313
Introduction to Dependently Typed Programming (IDenT) (44640).....	315
Formal methods of software development (93076).....	318
Project Symbolic Natural Language Processing (93064).....	320
Symbolic Methods for AI (43355).....	322
Subsymbolic AI/Machine learning	
Pattern analysis (44120).....	324
Pattern recognition (44130).....	326
Speech and Language Processing (44455).....	328
Music processing analysis - Lecture and exercise (639119).....	330
Advanced deep learning (93873).....	333
Reinforcement learning (93185).....	335
Multimedia security (330467).....	337
Artificial intelligence II (532733).....	339
Computer vision (713618).....	341
Deep learning (901895).....	343
Generative models for signal processing (44973).....	345
Advanced topics in deep learning (42800).....	346
Machine Learning Security (93059).....	348
AI systems and applications	
Computational photography and capture (43386).....	351
Swarm Intelligence (44500).....	353
Computational visual perception (93173).....	355
Advanced design and programming (5-ECTS) (97008).....	357
Information visualization (299892).....	359
Computer architecture (333815).....	361
Advanced programming techniques (lecture and exercises) (465562).....	363
Human computer interaction (645618).....	365
Lecture and tutorial: Distributed systems (649073).....	368
Distributed systems (lecture with extended exercises) (743260).....	371
Computer architecture (798810).....	374
Modeling, optimization and simulation of energy systems (858896).....	376
Approximate computing (965820).....	377
Methods of Advanced Data Engineering (VUE 5-ECTS) (93641).....	379
Foundations of international management I (53710).....	381
Process analytics (PA) (54760).....	382
Digital change management (56210).....	383
Innovation and leadership (57053).....	384
Enterprise knowledge management (57290).....	386
Foundations of linked data (57320).....	387
Business studies for engineers (82570).....	389
People analytics – Data science for human resources management (57134).....	391
General biology I (62921).....	394
Zoology (62940).....	396
Microbiology: practical exercises (62982).....	398
Elective compulsory module computational biology (63270).....	399
Computational biology I (63271).....	400
WNF-5 Morphology and Anatomy of Organisms (62924).....	401

Inorganic chemistry (62042).....	403
General and inorganic chemistry with experiments (62065).....	404
General organic chemistry (62963).....	406
Main module A: Linguistics (76930).....	407
Optional module (Teaching secondary education/Gymnasium): Linguistics (77170)...	409
Humans in the geological environment I (64910).....	411
Humans in the geological environment II (64915).....	413
Z-Edu-Geo 1 - Earth as a system (64980).....	414
Z-Edu-Geo 2 - Humans in the geoscientific environment (64985).....	415
Compulsory elective module: Linguistic norms and variation (German language) (35411).....	417
Grammar and lexicon: Theory and practice (from the perspective of native speakers and German as a foreign language) (35472).....	419
Language variation - language contact - contrastive linguistics (35492).....	421
Compulsory elective module: Historical linguistics - language change (35501).....	423
Compulsory elective module: Lexicography and lexicology (35571).....	425
Foundations of German linguistics I (77303).....	427
Advanced module Linguistics 1 (Ling VM-1) (77403).....	429
Advanced module Linguistics 2 (Ling VM-2) (77433).....	431
Optimisation for engineers (44050).....	433
Optimisation for engineers (with laboratory) (44060).....	435
Introduction to statistics and statistical programming (48071).....	438
Numerics for engineers I (64620).....	440
Numerics for engineers II (64631).....	441
Topology (65080).....	442
Functional analysis (65110).....	443
Nonlinear optimisation (65150).....	445
Linear and combinatorial optimisation (65161).....	447
Robust optimization (65175).....	448
Introduction to numerics (65210).....	450
Mathematical modelling theory (65254).....	452
Mathematical modelling practical (65255).....	454
Algebra (65311).....	455
Complex analysis I (65351).....	457
Elementary number theory (65580).....	458
Applied mathematics (65601).....	459
Discrete optimization I (65917).....	460
Robust optimization II (65918).....	461
Optimization in industry and economy (65923).....	462
Discrete optimization II (65933).....	464
Cryptography II (65980).....	465
Numerical aspects of linear and integer programming (407487).....	466
Rehabilitation and assistive robotics (47617).....	467
Movement Neuroscience: Connections between brain and muscles in humans (47674).....	469
Medical engineering II (imaging techniques) (95811).....	471
Colloquium: Pattern recognition (655844).....	473
AI in medical robotics (93101).....	475
Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics (47599).....	477
Interfacing the neuromuscular system: Applications for Human/machine interfaces and neurophysiology (44157).....	479
Surgical Technologies Innovation (44159).....	481
Algorithmic Bioinformatics (47678).....	483

Computational neurotechnology / Numerical neurotechnology (44200).....	485
Computational magnetic resonance imaging (93109).....	487
Human-robot co-adaptation (47623).....	489
Intent detection and feedback (47616).....	491
Introduction to philosophy (75290).....	493
Basic course: Practical philosophy (75310).....	494
Basic module: Philosophy (75330).....	495
Introductory module (78386).....	497
Introductory module (78388).....	498
Applied module (78389).....	500
Modern Chinese 1 (76003).....	501
Module 2: Modern Chinese 2 (76012).....	502
Module 5: Modern Chinese 3 (76052).....	504
Modern Chinese 4 (76073).....	505
Neural graphics and inverse rendering (93086).....	506
Visualization (93175).....	508
Scientific visualization (43722).....	510
Geometric modeling (796399).....	512
Geometry processing (43392).....	515
Physically-based simulation in computer graphics (43385).....	517
Interactive computer graphics (43371).....	519
Computer Graphics Deluxe (43374).....	520
Global illumination (43375).....	523
Computer graphics (43822).....	525
Basic module: Political theory and history of ideas I (75612).....	528
Basic module: Political theory and history of ideas II (75614).....	530
Basic module Political systems I (75623).....	532
Basic module Political systems II (75624).....	534
Basic module: International relations I (75632).....	536
Basic module: International relations II (75634).....	538
Basic module: Non-European politics I (75642).....	540
Basic module: Non-European politics II (75644).....	542
Macroeconomics (74850).....	544
Cost accounting I (74860).....	547
Main Nordic language 1 (74642).....	548
Main Nordic language 2 (74645).....	550
Main Nordic language 3 (74651).....	552
Main Nordic language 4 (74652).....	554
Nordic cultural history 1 (74720).....	556
High End Simulation in Practice (HESP) (44510).....	558
Programming techniques for supercomputers (lecture and tutorial) (278169).....	559
Computer architecture (333815).....	561
Advanced programming techniques (lecture and exercises) (465562).....	563
Simulation and scientific computing 1 (981660).....	565
Human-centered mechatronics and robotics (92345).....	567
Robot mechanisms and user interfaces (92359).....	569
Sensor technology (92670).....	571
Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....	573
Robotics 1 (92519).....	575
Robotics 2 (92535).....	576
Machine Learning for Control Systems (94967).....	578
Modeling of Control Systems (92241).....	580
Numerical optimization and model predictive control (92528).....	581

Optimisation for engineers (44050).....	583
Discrete optimization I (65917).....	585
Optimization in industry and economy (65923).....	586
Linear and combinatorial optimisation (65161).....	588
Nonlinear optimisation (65150).....	589
Robust optimization (65175).....	591
Robust optimization II (65918).....	593
Legal tech - From legal methodology to computer science (93954).....	594
Symbolic artificial intelligence	
AI-1 Systems project (93116).....	596
Project for artificial intelligence (851420).....	598
Project Symbolic Natural Language Processing (93065).....	599
Reproduce research results (96843).....	601
Subsymbolic AI/Machine learning	
Project: Biomedical image analysis (47602).....	604
Project: Representation learning (93112).....	606
AI-2 Systems project (93117).....	608
Master project data management (377432).....	610
Innovation lab for wearable and ubiquitous computing (615628).....	612
Project: Pattern recognition (628205).....	615
Project machine learning and data analytics (924553).....	617
Reproduce research results (96843).....	619
AI systems and applications	
Hands on rehabilitation and assistive robotics (HandsOnRAR) (93103).....	622
Project digital reality (43387).....	624
Computational imaging project (43932).....	625
Selected projects in computer graphics (GraPro) (44642).....	626
Project: Biomedical network science (47676).....	627
Computer architectures for deep-learning applications (93111).....	628
Applied Software Engineering Master's Project (93141).....	630
The AMOS Project (SD Role, Proj 10 ECTS) (93142).....	631
Project music and audio processing (93164).....	633
Research project: Surgical robotics (47594).....	634
Fabrication Project (93190).....	636
Interactive visualization project (93161).....	638
Project: Neurotechnology (47629).....	640
Computer graphics project (93823).....	642
Generative materials project (96980).....	645
Reproduce research results (96843).....	647
Visual Computing Project (93063).....	649
Minor subject: Japanese studies	
Japanese 1 (73402).....	651
Advanced seminar	
Seminar: Neuroscience-inspired artificial intelligence (93202).....	654
Seminar: Inverse rendering (43388).....	656
Tracking Olympiad (47612).....	658
Catching your eyes: AI-driven modeling and analysis of eye-tracking data (47613)....	660
Seminar: Advanced algorithms in medical image processing (47643).....	662
Legged locomotion of robots (LLR) (47656).....	663
Network medicine (47673).....	664
Seminar: Humans in the loop: The design of interactive AI systems (93113).....	665
Automatons over infinite words (93126).....	668
Big Data seminar (93138).....	670

Seminar: Computer vision (93154).....	671
Philosophy of AI (93166).....	672
Advanced machine learning for anomaly detection (47685).....	673
Seminar: Machine learning in MRI (47619).....	675
Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics (47599).....	676
Seminar: Visual computing (96970).....	678
Nailing your thesis (VUE 5-ECTS) (304439).....	680
Seminar deep learning (514944).....	682
Seminar multi-core architecture and programming (588895).....	683
Knowledge representation and -processing (635405).....	685
Advanced simulation technology (661589).....	687
Blender seminar (921878).....	688
Innovative computer architectures (941318).....	690
Machine learning [5 ECTS] (358246).....	692
Philosophy and artificial intelligence (AI) (93191).....	695
Seminar Cognitive Surgical Robotics (47591).....	696
Seminar: Surgical robotics software (47593).....	698
Seminar: Surgical robotics hardware (47592).....	700
Ethics and Philosophy of AI (47601).....	702
Seminar: Coalgebraic logic (95790).....	703
Themen der Kategorientheorie (819238).....	706
Applied neural engineering: Brain and spine neurosurgery and human/machine interfaces (47672).....	708
Seminar: Fantastic datasets and where to find them (47586).....	710
Minor subject: French studies	
Introduction to French literary studies (72203).....	713
Basic module: Introduction to French linguistics (72204).....	715
Basic module: French language practice 1 (72213).....	717
Basic module: French language practice 2 (72224).....	719
Minor subject: Hispanic studies	
Spanish language practice 1 (72372).....	722
Basic module: Spanish linguistics (72633).....	724
Basic module: Spanish literature (72634).....	725
Minor subject: Italian studies	
Italian language practice 1 (72292).....	728
Italian language studies (72623).....	730
Italian literary studies (72624).....	732
Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement (QM II) (23030).....	734
Quality management I - Quality engineering in the product development process (95940).....	736
Manufacturing metrology II (96925).....	738
Computer-aided metrology (96930).....	742
Manufacturing metrology I (97247).....	747
Process and temperature metrology (97248).....	757
Advanced seminar Manufacturing metrology (607629).....	761

1	Module name 1999	Mastermodul (M.Sc. Artificial Intelligence 20211) Master's module	30 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Pflichtmodul Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written (6 Monate) Presentation (30 minutes)
11	Grading procedure	Written (90%) Presentation (10%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Resit examinations	The exams of this moduls can only be resit once.
14	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
15	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
16	Teaching and examination language	german
17	Bibliography	

1	Module name 66291	Astronomie (weiterführend) Integrated course 3 - Quantum field theory and particle physics	15 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Astronomie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination Written examination Written examination
11	Grading procedure	Written examination (33%) Written examination (33%) Written examination (33%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 66292	Astronomie Astronomy	15 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zur Einführung in die Astronomie 1 (1 SWS, WiSe 2025) Vorlesung: Einführung in die Astronomie 1 (2 SWS, WiSe 2025) Vorlesung: Einführung in die Astronomie 2 (2 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (Informatiker) (8 SWS, SoSe 2025) Übung: Übung zur Einführung in die Astronomie 2 (1 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (LAG) (8 SWS, WiSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (Nicht-Physiker) (8 SWS, WiSe 2025)	- 3 ECTS - - - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Ulrich Heber Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms
5	Contents	Das Modul gibt eine Beschreibung der wesentlichen Bestandteile des Universums und der naturwissenschaftlichen Methoden, die es uns erlauben, ihre Entfernungen, Größenskalen, Massen und physikalische Natur zu verstehen. Im Einzelnen werden behandelt: • Geschichtlicher Hintergrund der Astronomie • Sonnensystem: Planetenbewegung und Keplersche Gesetze, Eigenschaften der Planeten und der kleinen Objekte im Sonnensystem (Auswahl aus: innerer Aufbau der Planeten, planetare Oberflächen, Atmosphären, Ringe), extrasolare Planeten. • Sterne: Entfernungen, Temperaturen, Spektren, Massen, Hertzsprung-Russell-Diagramm, innerer Aufbau, Entstehung und Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Doppelsterne. • Milchstraße und andere Galaxien: Aufbau und Entwicklung, Klassifikation, kosmischer Materiekreislauf, Galaxienhaufen, ausgewählte Methoden der Entfernungsbestimmung. • Das Universum: Entstehung, Hubblesches Gesetz, 3K Hintergrundstrahlung, Entwicklung des Universums. • Astronomische Messmethoden: Aufbau und Benutzung astronomischer Teleskope, Spektroskopie, Detektoren
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden

		• berichten über die wichtigsten Bestandteile des Universums und ihrer Entwicklung. • erläutern Methoden zur Messung der Entfernungen von Sternen und Galaxien und wenden diese auf Messungen an. • bestimmen aus Messdaten Massen und Temperaturen astronomischer Objekte. • führen einfache astronomische Messungen selbst durch und werten die Ergebnisse aus. • beschreiben die in der Astronomie notwendige Extrapolation von Ergebnissen von Labormessungen auf astronomische Skalen. • bedienen typische astronomische Instrumente.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Astronomie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Written examination Written or oral Series of reports
11	Grading procedure	Variable (33%) Written examination (67%) Written or oral (33%) Series of reports (pass/fail)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 165 h Independent study: 285 h
14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• H. Karttunen, P. Kroger, H. Oja, [Fundamental Astronomy], Springer, 2003 • M. Kutner, [Astronomy: A Physical Perspective], Cambridge Univ. Press, 2003

Electrical engineering

1	Module name 92347	Mechatronic components and systems (MCS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS) Tutorium: Mechatronic components and systems (Tut)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Martin Rohrmüller Yongxu Ren	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	System thinking and integration - Interactions of hardware and software - Engineering design methods Mechanical components - Energy conductors and transformers - Control elements and energy storages Actuators - Electrodynamical and electromagnetic actuators - Fluid actuators and unconventional actuators • Sensors for measuring mechanical quantities • Control and information processing
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: • Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing. • Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren. • Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design. • Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system. • Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker. • Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer. • Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer

1	Module name 92390	Photonik 1 Photonics 1	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können Grundlagen der Physik des Lasers darlegen. • verstehen Eigenschaften und Beschreibungsmethoden von laseraktiven Medien, der stimulierte Strahlungsübergänge, der Raten Gleichungen, von optischen Resonatoren und von Gauß-Strahlen. • können verschiedene Lasertypen aus dem Bereichen Gaslaser, Festkörperlaser und Halbleiterlaser erklären und vergleichen. • können grundlegende Eigenschaften von Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterbauelementen erklären und skizzieren. • verstehen Aufbau und Funktionsweise ausgewählter optoelektronischer Bauelemente. • 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.
7	Prerequisites	Empfohlen werden Kenntnisse im Bereich: • Experimentalphysik, Optik • Elektromagnetische Felder • Grundlagen der Elektrotechnik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010. Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012. Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004. Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008. Träger, F. (Editor): Springer Handbook of Lasers and Optics, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.

1	Module name 92400	Optische Übertragungstechnik Optical communication systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Optische Übertragungstechnik Übung (2 SWS) Vorlesung: Optische Übertragungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Esther Renner Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	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. Die vermittelten Grundlagen werden in der Übung zur Vorlesung durch praxisnahe und anschauliche Simulationsbeispiele vertieft.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Konzeption und Struktur verschiedener optischer Übertragungssysteme. • können die Qualität optischer Datensignale im Kontext verschiedener Systemkonzepte vergleichen und bewerten • sind in der Lage Streckenauslegungen zu entwickeln und zu optimieren. • besitzen methodische Kenntnis zur Bestimmung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit optischer Übertragungsstrecken unter Einbeziehung aktueller wissenschaftlicher Ergebnisse.
7	Prerequisites	Komponenten optischer Kommunikationssysteme hilfreich aber nicht obligatorisch

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Agrawal, G.P.: Fiber-Optic Communication Systems, John Wiley & Sons, 1997 Agrawal, G.P.: Nonlinear Fiber Optics, John Wiley & Sons, 3. Auflage, 2001 Kaminow, I, Koch, T.: Optical Fiber Telecommunications IVA, Academic Press, 2002 Skriptum zur Vorlesung Kaminow, I, Li, T., Willner, A.: Optical Fiber Telecommunications VA, Academic Press, 2008

1	Module name 92520	Elektromagnetische Felder I Electromagnetic fields I	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektromagnetische Felder I (2 SWS) Tutorium: Tutorium zu Elektromagnetische Felder I (2 SWS)	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerald Gold Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	Contents	Im ersten Teil der Vorlesung "Elektromagnetische Felder" wird zuerst der Begriff "Feld" eingeführt, die speziell damit verbundenen mathematischen Methoden und Aussagen sowie die zugrundeliegenden physikalischen Konzepte. Anschließend wird die Formulierung der Grundaussagen der elektromagnetischen Feldtheorie aus Experimenten und theoretischen Überlegungen in heutiger mathematischer Darstellung nachvollzogen. Dabei werden historische und aktuelle Begriffsbildungen einander gegenübergestellt - Atombau der Materie und Relativität waren bei Aufstellung der Theorie noch nicht bekannt! Das Nachvollziehen des historischen Begriffsbildungs- und Erkenntnisprozesses erleichtert den Zugang zur Begrifflichkeit und mathematischen Formulierung der Theorie und damit deren Verständnis und Vorstellbarkeit". In Kenntnis von Atombau der Materie und Relativität präzisiert die aktuelle Darstellung die Begriffe, wodurch deren Zahl reduziert werden kann. Folgerungen aus der Theorie werden vorgestellt - insbesondere die Existenz elektromagnetischer Wellen und die Deutung von Licht als solcher. Exemplarisch werden wesentliche Eigenschaften eines technisch besonders relevanten Wellentyps - der ebenen harmonischen Welle - abgeleitet. Phänomene in Materie im elektromagnetischen Feld werden aus atomistischer Sicht behandelt, was - zusammen mit der Festlegung der Maßeinheiten - zur aktuellen Begriffsbildung und Formulierung der Maxwell'schen Gleichungen (MG) führt. Daraus wird das Verhalten von Feldern an Materialübergängen abgeleitet. Als allgemeine Lösung der MG werden die elektromagnetischen Potentiale hergeleitet, ihre grundlegenden Eigenschaften erläutert und ihre Anwendung zur Lösung feldtheoretischer Fragestellungen dargestellt. Inhalt und Gültigkeitsbereich der Theorie werden diskutiert. Die Behandlung zeitlich konstanter elektrischer, magnetischer und Strömungsfelder - ihrer Entstehung und ihrer Eigenschaften - bildet den Abschluß des ersten Teils der Vorlesung.

		In den Übungen wird der Stoff der Vorlesung durch die Anwendung auf konkrete wissenschaftliche und technische Problemstellungen und beispielartige Lösung von Standardproblemen vertieft. Weiteres Ziel der Übungen ist die Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung. Inhaltsübersicht: • Felder: Physikalische Konzepte und mathematische Beschreibung • Begriffe und Grundaussagen der elektromagnetischen Feldtheorie • Folgerungen aus den Grundaussagen: Ausblick auf elektromagnetische Wellen • Materie im Feld und Felder an Materialübergängen • Die Potentiale des elektromagnetischen Felds • Inhalt und Gültigkeitsbereich der elektromagnetischen Feldtheorie • Zeitunabhängige Felder, Teil 1
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • Begriffe und physikalische Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie zu erklären • Vektoralgebraische und vektoranalytische Beziehungen und Umformungen zu verstehen und letztere auch vorzunehmen • Kraftwirkungen im elektromagnetischen Feld zu verstehen und zu berechnen • die Bedeutung von Feldgleichungen und Kontinuitätsgleichung zu verstehen • Induktionsvorgänge zu verstehen und für einfache Situationen zu berechnen • grundlegende Eigenschaften ebener elektromagnetischer Wellen zu beschreiben • Phänomene elektrischer und magnetischer Felder in Materie und an Materialübergängen zu verstehen und zu beschreiben • Felder und Potentiale einfacher Ladungs- und Stromdichteverteilungen z.B. mittels der Maxwell'schen Gleichungen, allgemeiner Lösungen der Poissonsgleichung oder aufgrund mathematischer Korrespondenzen zu berechnen • den Gültigkeitsbereich der Theorie zu benennen
7	Prerequisites	Voraussetzung: Vektoranalysis, z.B. aus der Mathematik-VL im Grundstudium
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Skript zur Vorlesung • Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage • Formelsammlung

1	Module name 92530	Elektromagnetische Felder II Electromagnetic fields II	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	Contents	Im zweiten Teil der Vorlesung "Elektromagnetische Felder" wird zunächst die Behandlung zeitunabhängiger Felder fortgesetzt mit Aussagen zu Arbeit und Energie von Ladungen, Strömen und Feldern sowie mit der Gegenüberstellung spezieller Aussagen für zeitunabhängige Felder mit den allgemeingültigen Beziehungen. Beginnend mit dem Energietransport im elektromagnetischen Feld wird sodann der allgemeine Fall zeitlich veränderlicher Felder und deren Verhalten in oder an Materie behandelt. Phänomene zeitveränderlicher Felder unter verschiedenen Bedingungen, wie Wellenerscheinungen und Wellenausbreitung in unterschiedlichen Medien an Grenzflächen und Materialübergängen, bilden den Hauptteil des zweiten Teils der Vorlesung. In den Übungen wird der Stoff der Vorlesung durch die Anwendung auf konkrete wissenschaftliche und technische Problemstellungen und beispielartige Lösung von Standardproblemen vertieft. Weiteres Ziel der Übungen ist die Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung. Inhaltsübersicht: • Zeitunabhängige Felder, Teil 2 • Energietransport im elektromagnetischen Feld • Elektromagnetische Wellen in homogenen Medien • EM-Wellen: Arten und Eigenschaften • Kenngrößen von EM-Wellen und ihrer Ausbreitungsbedingungen • EM-Wellen an Materialübergängen: Reflexion und Brechung • EM-Wellen an Materialübergängen: Inhomogenitäten und reale Oberflächen
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • Drehmomente und Kräfte auf Ladungs- und Stromdichteverteilungen in homogenen und inhomogenen Feldern zu berechnen • das Potential einer Ladungsverteilung durch Multipolentwicklung auszudrücken • Ladungsdichte, Potential und elektrisches Feld an Leiteroberflächen zu beschreiben • das Verfahren der Spiegelung bei der Berechnung elektromagnetischer Felder anzuwenden • die Energie zeitunabhängiger Ladungs- und Stromdichteverteilungen sowie von Feldern zu berechnen

		• den Energiefluß in elektromagnetischen Feldern über den Poynting-Vektor zu berechnen • die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in homogenen verlustbehafteten Medien quantitativ zu beschreiben • die Kenngrößen von Wellen und deren Ausbreitungsbedingungen sowie Verluste zu berechnen • Feldstärken, Ausbreitungsrichtungen und Verluste bei Reflexion, Transmission und Brechung zu berechnen • die Wellenausbreitung in inhomogenen Medien zu beschreiben.
7	Prerequisites	<u>empfohlene Voraussetzungen:</u> - EMF I und Vektoranalysis, z.B. aus der Mathematik-VL im Grundstudium
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Prüfungsform: schriftlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Skript zur Vorlesung • Übungsaufgaben mit Lösungen (beides über StudOn verfügbar) • Bei EMF II handelt es sich um den zweiten Teil einer zweisemestrigen Kursvorlesung. Literaturempfehlungen sind daher bereits in den Unterlagen zu EMF I aufgeführt und beschrieben.

1	Module name 92560	Grundlagen der Elektrotechnik I Foundations of electrical engineering I	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernd Witzigmann
5	Contents	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. 1. Physikalische Grundbegriffe 2. Das elektrostatische Feld 3. Das stationäre elektrische Strömungsfeld 4. Einfache elektrische Netzwerke 5. Das stationäre Magnetfeld 6. Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld 7. Wechselspannung und Wechselstrom
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • den Begriff des Feldes zu verstehen, • Gleich- und Wechselstromschaltungen mit Widerständen, Kapazitäten, Induktivitäten und Transformatoren zu entwickeln, • Schwingkreise und Resonanzerscheinungen zu analysieren, • Energie- und Leistungsberechnungen durchzuführen, • Schaltungen zur Leistungsanpassung und zur Blindstromkompensation zu bewerten, • das Drehstromsystem zu verstehen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 2021 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 2021

10	Method of examination	Written examination (120 minutes) schriftliche Klausur, Dauer 120 min
11	Grading procedure	Written examination (100%) 100 der Klausurnote
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• M. Albach, Elektrotechnik, Pearson Verlag • Manfred Albach: Grundlagen der Elektrotechnik I und II, Pearson-Verlag • Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage • Optional: Übungsbuch, Pearson-Verlag

1	Module name 92570	Grundlagen der Elektrotechnik II Foundations of electrical engineering II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: GET II Ü, Gruppe E (MECH) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe C (ET/BT) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe A (EEI) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe D (MECH) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe B (MT) (2 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Elektrotechnik II (2 SWS) Tutorium: GET II Tut (2 SWS)	- - - - - 5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerald Gold Ann-Christine Fröhlich David Panusch Simon Pietschmann Christian Huber Dr.-Ing. Ingrid Ullmann Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	Contents	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 Grundschaltungen und Netzwerke aus konzentrierten Bauelementen bei sinus- und nichtsinusförmiger harmonischer Erregung. 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. 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. Der nachfolgende Teil über mehrpolige Netzwerke konzentriert sich nach der Behandlung von allgemeinen Mehrporten 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. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Umformung, Analyse und Synthese von einfachen und umfangreicheren Netzwerken bei sinus- und nichtsinusförmiger Erregung in komplexer Darstellung. • können die im Inhalt beschriebenen Verfahren und Methoden der Netzwerkanalyse erklären und auf Schaltungsbeispiele anwenden. • können Verfahren der Netzwerkanalyse hinsichtlich des Rechenaufwandes beurteilen und vergleichen.
7	Prerequisites	empfohlen: • Grundlagen der Elektrotechnik 1 • Mathematik I • Mathematik II (begleitend)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Elektrotechnik, Albach, M., 2011. Grundlagen der Elektrotechnik - Netzwerke, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2013. (bisher: Grundlagen der Elektrotechnik 3, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2006.

1	Module name 92580	Grundlagen der Elektrotechnik III Foundations of electrical engineering III	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	• Umfang und Bedeutung der elektrischen Messtechnik • Die Grundlagen des Messens • Fourier-Transformation • Laplace-Transformation • Netzwerkanalyse im Zeit- und Laplace-Bereich • Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm • Nichtlineare Bauelemente, Schaltungen und Systeme • Operationsverstärker • Messverstärker • Messfehler • Messung von Gleichstrom und Gleichspannung • Ausschlagbrücken • Abgleichbrücken, Messung von elektrischen Impedanzen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • ordnen die behandelten Verfahren gemäß ihrer Eignung für spezifische Probleme (Zeit-/Frequenzbereich, Linear/ Nichtlinear) ein. • wählen geeignete Verfahren zur Analyse elektrischer Netzwerke aus und wenden diese an. • interpretieren die Ergebnisse und zeigen Zusammenhänge zwischen den Lösungsverfahren auf. • kennen einfache Grundsaltungen mit Operationsverstärkern und sind in der Lage, diese zu analysieren. • kennen die behandelten Messschaltungen und ihre Einsatzmöglichkeiten. • analysieren Brückenschaltungen. • wenden grundlegende Konzepte der Messfehlerrechnung auf Messschaltungen an. • reflektieren selbstständig den eigenen Lernprozess und nutzen die Präsenzzeit zur Klärung der erkannten Defizite.
7	Prerequisites	Empfohlen: Grundlagen der Elektrotechnik I und II
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Lehrbuch: Elektrische Messtechnik", R. Lerch, 7. Aufl. 2016, Springer-Verlag Übungsbuch: Elektrische Messtechnik Übungen", R. Lerch, M. Kaltenbacher, F. Lindinger, A. Sutor, 2. Aufl. 2005, Springer-Verlag

1	Module name 92610	Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten (2 SWS) Übung: Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten Übung (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek Lukas Witte	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	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.
7	Prerequisites	Empfohlen: • Grundlagen der Elektrotechnik 1-2 • Mathematik 1-3 • Werkstoffkunde • Elektromagnetische Felder I (begleitend)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	[1] Frank Gustrau, Hochfrequenztechnik: Grundlagen der mobilen Kommunikationstechnik, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 1. Auflage, 2011 [2] Zinke, O., Brunswig, H., Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer Verlag, Berlin, 6. Auflage, 2000 [3] Meinke, H., Gundelach, F. W., Lange, K., Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer Verlag, Berlin, 5. Auflage, 1992 [4] Rizzi, P. A., Microwave Engineering, Passive Circuits Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988 [5] Pozar, D. M., Microwave Engineering John Wiley & Sons, New York, 2. Auflage, 1998

1	Module name 92620	Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik für EEI,ME,BP,INF,Math Laboratory: Foundations of electrical engineering for EECE, ME, BP, CS, math	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: PR GET I EEI /BPT (1 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik III Kurs A (1 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik I für Mechatronik (0 SWS, SoSe 2025)	1,5 ECTS 0,83 ECTS 0,83 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Daniel Kübrich Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Daniel Andreas Tobias Christian Veihelmann Sascha Breun Torsten Reißland Timo Maiwald	

4	Module coordinator	Christopher Beck
5	Contents	Im Rahmen des Praktikums GET I werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt: 1. Wickelkondensator 2. Magnetfeldmessung 3. Transformator 4. Schwingkreis Im Rahmen des Praktikums GET II werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt: 1. Ohmsche Netze; Zweitore 2. Quelle und Last; reaktiver Zweipol; Bode-Diagramm 3. Schaltungssimulation 4. Nichtsinusförmige periodische Signale und Fourierreihen Im Rahmen des Praktikums GET III werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt: 1. Einschwingvorgänge 2. nichtlineare Netzwerke 3. Messschaltungen 4. Brückenschaltung 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. Für die erfolgreiche Teilnahme an den Versuchen wird ein Schein ausgestellt.
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • Messaufbauten mit den grundlegenden Messgeräten wie z.B. Multimeter, Sinusgenerator, Oszilloskop sowie deren Bedienung zu verstehen,

		• den inneren Aufbau von Kondensatoren und Transformatoren zu analysieren, indem sie einen Kondensator und einen Transformator selber herstellen, • einfache Schaltungen messtechnisch zu analysieren und deren Verhalten zu verstehen, • durch einen Vergleich von gemessenen und berechneten Ergebnissen den Einfluss von parasitären Eigenschaften zu verstehen, • den grundlegenden Umgang mit nichtsinusförmigen periodischen Signalen zu verstehen.
7	Prerequisites	Voraussetzung: • Grundlagen der Elektrotechnik I • Grundlagen der Elektrotechnik II • Grundlagen der Elektrotechnik III
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 36 h Independent study: 39 h
14	Module duration	3 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Unterlagen zur Vorlesung Grundlagen der Elektrotechnik I • Unterlagen zur Vorlesung Grundlagen der Elektrotechnik II • R. Lerch: Elektrische Messtechnik, Springer, 5. Auflage • Versuchsbeschreibungen

1	Module name 92640	Praktikum Schaltungstechnik Laboratory: Circuit technology	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Schaltungstechnik (Woche 2) (3 SWS) Praktikum: Praktikum Schaltungstechnik (Woche 1) (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Peters Sascha Breun Manuel Koch	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	Das Praktikum ist aufgeteilt in fünf Versuche, die das theoretische Wissen über die analoge und digitale Schaltungstechnik vertiefen und besonders die Anwendung in der Praxis zeigen. 1) Bedienung der Messgeräte 2) Bipolar und MOSFET-Transistorschaltungen 3) Operationsverstärker-Anwendungen 4) Digitaltechnik 5) Analog-Digital-Umsetzung
6	Learning objectives and skills	Die Studenten lernen, grundlegende elektronische Schaltungen zu simulieren, aufzubauen und zu vermessen und mit den Simulationsergebnissen zu vergleichen. Das Verständnis wird durch den praktischen Umgang mit Bipolar- und Feldeffekttransistoren sowie Operationsverstärkern vertieft. Des Weiteren werden digitale Schaltungen entworfen aufgebaut und verifiziert. Außerdem vermittelt der Umgang mit Analog-Digital und Digital-Analog-Umsetzern die Anwendung der Systemtheorie. Die Anwesenheit ist verpflichtend, da der Kompetenzerwerb im Umgang mit Messgeräten nur durch die Präsenz im Labor erlangt werden kann. Um die Sicherheit zu gewährleisten, ist die tägliche Teilnahme an den Unterweisungen zu den einzelnen Versuchen verpflichtend. Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studenten in der Lage: • Messaufbauten mit Messgeräten wie z.B. Multimeter, Signalgenerator, Oszilloskop im Zeit- und Frequenzbereich zu untersuchen, • den inneren Aufbau von Operationsverstärkern zu analysieren, indem dieser mit diskreten Transistorschaltungen aufgebaut wird, • komplexe Anlogschaltungen mittels Simulationen und Messungen zu analysieren und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren, • durch einen Vergleich von gemessenen und simulierten Ergebnissen den Einfluss von parasitären Eigenschaften nachzuvollziehen, • komplexe logische Verknüpfungen zu vereinfachen und sie als Schal-tung aufzubauen und die Funktion zu überprüfen,

		• theoretische und messtechnische Zusammenhänge von Quantisierungsverhalten in Mixed-Signal-Schaltungen am Beispiel eines 8 Bit Analog-Digital-Umsetzers zu analysieren, • Filterentwurf und Aufbau am Beispiel eines Rekonstruktionsfilters für die Digital-Analog-Umsetzung durchzuführen und dessen Amplituden- und Phasengang zu bestimmen, • sich mit komplexen Fragenstellungen in Gruppenarbeit auseinander-zusetzen, • sich bei auftretenden Problemen mit weitergehender Literatur selbständig oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungsansätze zu er-arbeiten, • Simulations- und Messergebnisse sinnvoll zu dokumentieren und auf Plausibilität zu prüfen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 35 h Independent study: 40 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 92660	Schaltungstechnik Circuit technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Sascha Breun Manuel Koch Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET • Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten • Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler • Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen • Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen
6	Learning objectives and skills	• 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. • Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen. • Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren. • Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

1	Module name 92670	Sensorik Sensor technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	• Einführung in die Sensorik • Wandlerprinzipien • Sensor-Parameter • Sensor-Technologien • Messung mechanischer Größen • Chemo- und Biosensoren
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder • klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte • beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren • kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser • beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen • analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen • zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer

1	Module name 92720	Hochfrequenztechnik Microwave technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über die typischen passiven HF-Bauelemente sowie den Umgang mit Streuparametern und die Analyse von HF-Schaltungen. • lernen Antennenkonzepte und elementare Berechnungsmethoden für Antennen, Funkfelder, Rauschen und HF-Systeme kennen. • 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.
7	Prerequisites	Empfohlene Voraussetzungen: • Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten • Elektromagnetische Felder I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Prüfungsform: schriftlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Zinke, O.,Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000). Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004)

1	Module name 95192	Praktikum Hochfrequenztechnik / Mikrowellentechnik 1 Laboratory on microwave technology 1	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	In Kleingruppen zu 2-3 Studierenden werden neun Versuche zu folgenden Themen der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik durchgeführt: • Darstellung und Messung von HF-Signalen • Wellenausbreitung und Reflexionsfaktormessung • Streuparametermessung • Netzwerkanalyse • Anpassungs-Transformatoren • Nichtreziproke Bauelemente • Resonatoren • Filter • Antennen und Strahlungsfelder
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können theoretisch erworbene Kenntnisse, z.B. aus der Vorlesung Hochfrequenztechnik 1, zu HF-Messtechnik, Antennen und weiteren passiven HF-Bauteilen durch vorlesungsbegleitende Experimente anwenden und vertiefen. • analysieren mit modernster HF-Messtechnik und Methoden passive Schaltungen und Komponenten • sind in der Lage, wichtige Bauelemente wie z. B. Filter und Antennen zu evaluieren und zu bewerten • erhalten einen praktischen Einblick in die wichtigsten Arbeitsgebiete der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik. Sie sind damit in der Lage, grundlegende HF-Systeme, die als Voraussetzung für viele Anwendungen in Wissenschaft und Technik gelten, in der Praxis einzusetzen und zu evaluieren. Derartige Systeme werden eingesetzt z.B. für Radaranwendungen, in einer Vielzahl von drahtlosen Kommunikationsanwendungen, im Automobilbereich und im industriellen Umfeld der HF-Messgeräteentwicklung.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement Praktikumsleistung als Studienleistung (unbenotet): 9 Versuche, je Versuch ist ein Protokoll mit 5-10 Seiten abzugeben. Vor jedem Versuch erfolgt eine Überprüfung der ausreichenden Kenntnis der Versuchsbedingungen im Rahmen einer 5-10 minütigen mündlichen Prüfung

11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Zinke, O.,Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000). Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004)

1	Module name 96000	Antennen Antennae	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	• Einführung (Abstrahlung, Antennentypen, Anwendungsaspekte) • Grundlagen (Ebene Wellen, Polarisation, Hertzscher Dipol, Kenngrößen) • Linearantennen (Dipole, Linienquellen) • Array-Antennen (Arrayfaktor, Verkopplung, Belegungsfunktionen) • Strahlschwenkung (Phasengesteuerte Arrays, frequenzgesteuerte Arrays) • Resonante Antennen (Babinet's Prinzip, Schlitzantennen, Patch-Antennen) • Aperturstrahler (Huygens Prinzip, Hornstrahler, Reflektorantennen) • Linsenantennen (Strahlenoptik, Linsentypen, künstliche Dielektrika) • Numerische Berechnungsverfahren (FDTD-Methode, Simulationsbeispiele) • Breitbandantennen (Winkelprinzip, Spiralantennen, Log.-Per. Antennen, Baluns) • Systemanwendungen von Antennen (Diversity, Mobilfunk, Radarsysteme) • Antennen-Messtechnik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • lernen analytische und numerische Berechnungsmethoden für Antennen und Funkfelder kennen und anwenden. • erwerben fundierte Kenntnisse über klassische und spezielle Antennenbauformen und deren Charakteristiken für unterschiedliche Anwendungsgebiete im Kommunikations- und Radarbereich. • sind in der Lage, die Kenngrößen und die hochfrequenten Eigenschaften von einfachen Antennen, Gruppenantennen und Funkfeldern zu berechnen, darzustellen und zu bewerten.
7	Prerequisites	Empfohlene Voraussetzungen: • Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten • Elektromagnetische Felder I • Hochfrequenztechnik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

		Prüfungsform: schriftlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Kraus, Marhefka: Antennas for All Applications, International Edition, McGraw-Hill, Boston, 3rd Edition, 2002. • Balanis: Antenna Theory, Analysis and Design, John Wiley & Sons, New York, 2nd Edition, 1997.

1	Module name 96260	Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Heinrich Milosiu
5	Contents	• Transceiver-Architekturen • Hochfrequenzaspekte • Transistoren und Technologien • Passive Bauelemente und Netzwerke • Rauscharme Vorverstärker • Mischer • Oszillatoren • Phasenregelschleifen und Synthesizer • Messtechnische Grundlagen
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • Den Aufbau sowie Vor- und Nachteile von Transceiver-Architekturen zu verstehen • Hochfrequenzaspekte von Transistoren und Schaltungen zu analysieren • Geeignete Integrationstechnologien auszuwählen • Passive Bauelemente und Netzwerke zu verstehen und anzuwenden • Schaltungstopologien rauscharmer Vorverstärker, Mischer, Oszillatoren anzuwenden und zu analysieren
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Klausur, 90min
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96500	Analoge elektronische Systeme Analogue electronic systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Ouadie Touijer
5	Contents	• Feldeffekttransistor • Verstärker, Leistungsverstärker • Nichtlinearität und Verzerrung • Filtertheorie • Realisierung von Filtern • Intrinsisches Rauschen (Konzepte) • Physikalische Rauschursachen • Rauschparameter • Mischer • Oszillatoren • Phasenregelschleifen (PLLs)
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Analogschaltungen zu erklären • Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren • Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne • Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen • Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten • Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen • Die Studierenden sind in der Lage komplexe Analogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren • Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang • Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96580	Elektromagnetische Verträglichkeit	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektromagnetische Verträglichkeit (2 SWS) Übung: Ü-EMV (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Daniel Kübrich Daniel Breidenstein	

4	Module coordinator	Jeannette Konhäuser Dr.-Ing. Daniel Kübrich
5	Contents	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. 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: • Symmetrische und asymmetrische Störströme • Ersatzschaltbilder von Filterkomponenten • Netzfilterdämpfung • Koppelmechanismen • Reduzierung von Feldern durch Schirmung / Spiegelung
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • die Besonderheiten der EMV-Messtechnik zu verstehen, • die aktuellen Normen zu verstehen und anzuwenden, • die unterschiedlichen Koppelmechanismen zu verstehen und auf die Störprobleme in Schaltungen und Systemen anzuwenden, • die Störsituation bei Schaltungen zu bewerten und Maßnahmen zur Entstörung zu entwickeln.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Klausur, Schriftlich, Dauer 90 min

11	Grading procedure	Written examination (100%) 100 % der Klausur
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 242643	Praktikum Photonik/Lasertechnik 1 Laboratory course: Photonics/Laser technology 1	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	In kleinen Gruppen zu 2-3 Studierenden werden zehn Versuche zu folgenden Themen der Lasertechnik und Photonik durchgeführt: • *Geometrische Optik* - Fresnelgesetze - Chromatische Aberration • *HeNe-Laser* - Aktives Medium - Anschwingbedingung - Spektrum • *Gaußstrahl* - TEM00 - Abbildung durch Linsen • *Laser-Resonatoren* - g-Parameter Stabilitätsbereich • *Strahlqualität* - Multimode-Laser - Strahlparameterprodukt - Strahlprofil-Kamera • *Laserdioden* - FP,DFB,LED - Kennlinien - Abstrahlung - Spektrum • *Faseroptik* - Fasertypen - Moden - Dämpfung • *Singlemodefasern* - Fusionsspleißen - Laser einkoppeln Durch das Praktikum können theoretisch erworbene Kenntnisse, z.B. aus der Vorlesung Photonik 1, zu Lasern und Photonik durch vorlesungsbegleitende Experimente vertieft werden. Dies ist die Voraussetzung, um grundlegende laserbasierte Systeme in der Praxis einzusetzen, für viele Anwendungen in Wissenschaft und Technik. Derartige Systeme 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen aufgrund praktischer Experimente Aufbau und Funktion grundlegender optischer, faseroptischer und photonischer Komponenten • können die genannten Komponenten und Systeme sowie Laser anwendungsnah handhaben und anwenden. • können photonische Messmethoden in der Praxis erproben und charakterisieren. • können durch praktische Erfahrung Eigenschaften unterschiedlicher Lichtwellenleiter und Laser vergleichen und einschätzen.
7	Prerequisites	Voraussetzung: Photonik 1, kann auch parallel gehört werden.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement

		• Es sind 8 Praktikumsversuche zu absolvieren. Die Einzelheiten sind in den Kursunterlagen beschrieben. • Vor Beginn des Praktikums muss eine Laserschutzunterweisung erfolgreich bestanden werden. Der Link befindet sich in den Kursunterlagen. Außerdem findet zu Beginn ein allgemeiner Vorbesprechungstermin statt. • Jeder Praktikumsversuch untergliedert sich in die Vorbesprechung und die Versuchsdurchführung. • Jeder Praktikumsversuch muss zu Hause gründlich vorbereitet werden. Die Vorbereitung beinhaltet das gewissenhafte Durcharbeiten des Praktikumsskripts und die schriftliche Bearbeitung der darin gestellten Aufgaben. • Während der Vorbesprechung wird der jeweilige Versuch behandelt und die Vorbereitung der Teilnehmenden überprüft. Die erfolgreiche Überprüfung der Vorbereitung ist Voraussetzung für die Teilnahme am jeweiligen Praktikumsversuch. • Alle Teilnehmenden müssen für einen Versuch einen schriftlichen Praktikumsbericht anfertigen. Hierfür sind u.U. der Aufbau und die Ergebnisse während des Versuchs zu dokumentieren. Details zur Anfertigung des Berichts finden sich in den Kursunterlagen. Am Ende des Kurses werden alle Berichte geteilt, sodass alle Teilnehmenden eine umfangreiche Dokumentation des Praktikums erhalten. • Ein Praktikumsversuch gilt dann als erfolgreich bestanden, wenn die Vorbereitung und die Versuchsdurchführung bestanden ist. Der Fortschritt des Kurses wird mit einer Testatliste dokumentiert, die zum Bestehen des Kurses notwendig ist. Die Testatliste ist dann vollständig, wenn jeder Versuch bestanden ist und eine zufriedenstellender Praktikumsbericht abgegeben wurde.
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010. Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012. Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004. Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008.

1	Module name 92501	Numerische Methoden elektromagnetischer Felder Numerical methods of electromagnetic fields	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Friedhard Römer
5	Contents	Grundlagen der numerischen Simulation von quasistationären elektromagnetischen Feldern und elektromagnetischer Wellenausbreitung
6	Learning objectives and skills	Lernziele: • Kenntnisse über verschiedene numerische Methoden zur Lösung der Maxwell'schen Gleichungen im Zeit- und Frequenzbereich • Anwendung der Finite-Differenzen-Zeitbereichsmethode und der Finite-Elemente-Methode zur Lösung elektromagnetischer Feldprobleme
7	Prerequisites	Vorlesung GET 1, GET 2 (erfolgreiches Bestehen)
8	Integration in curriculum	semester: 6
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Prüfung Mündlich, Dauer: 30 min
11	Grading procedure	Oral (100%) 100% der mündl. Prüfung
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Taflov, A., Hagness, S.: Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method. 3rd Ed., Artech House, Norwood, Mass., USA, 2005. • Jin, J.: The Finite Element Method in Electromagnetics. Wiley-IEEE Press, 2007 • Jin, J.-M.: Theory and computation of electromagnetic fields. IEEE Press, Piscataway, New Jersey, USA, 2015. • Vorlesungsskript

1	Module name 96313	Felder und Wellen in optoelektronischen Bauelementen (V-Fel-Wel) Fields and waves in optoelectronic components (V-Fel-Wel)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernd Witzigmann
5	Contents	Elektromagnetische Feldtheorie für Wellenleiter und Resonatoren Kurze Einführung in die Quantenphysik/Halbleiterttheorie Theorie Licht-Materie Wechselwirkung Glasfaser Halbleiterlaser Photodiode Modulator
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden geben die Grundbegriffe der optoelektronischen Bauelemente und der faserbasierten Informationsübertragung wieder wenden die Grundgleichungen der elektromagnetischen Feldtheorie auf optoelektronische Komponenten an klassifizieren Laser und Photodioden anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte beschreiben, skizzieren und vergleichen den Aufbau und die Materialzusammensetzung unterschiedlicher Bauelemente können anhand der vermittelten Modelle und Beschreibungen die Funktionsweise und Spezifikationen von Lasern, Modulatoren, Photodioden und Wellenleitern beurteilen
7	Prerequisites	Sprache wird zu Vorlesungsbeginn vom Dozierenden festgelegt
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes) Klausur, schriftlich, Dauer 60 min
11	Grading procedure	Written examination (100%) 100 % der Klausur
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	Folien zur Vorlesung Shun Lien Chuang: Physics of Photonic Devices" 2012 (Wiley)

	Voges und Petermann: Optische Kommunikationstechnik" 2002 (Springer) Coldren and Corzine: Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits" 1995 (Wiley) Saleh and Teich: Fundamentals of Photonics" 1991 (Wiley)

1	Module name 92504	Praktikum: Numerische Methoden der Halbleiterbauelemente Laboratory course: Numerical methods for semiconductor components	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Numerische Methoden der Halbleiterbauelemente (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Friedhard Römer	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Friedhard Römer
5	Contents	• Selbständige Implementierung von numerischen Algorithmen sowie Anwendung von kommerziellen Simulationswerkzeugen am Beispiel der Halbleiterbauelemente • Grundlagen der numerischen Simulation von Kontinuumsleichungen am Beispiel des Halbleitertransports
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Lösungen partieller Differentialgleichungssysteme unter Verwendung der finiten Volumen sowie der finiten Differenzen • Interpretation und Beurteilung von Simulationsergebnissen anhand von Stromtransport in Halbleitern • Bedienung von kommerziellen Simulationswerkzeugen, inkl. Gemeotrieeerzeugung, Diskretisierung, Parameter-Datenbanken, sowie Visualisierung von Daten
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement Die Prüfungsleistung besteht aus der numerischen Simulation der Aufgaben auf den Laborrechnern und dem daraus erstellten Praktikumsbericht. Zum Bestehen müssen insgesamt vier Versuche erfolgreich durchgeführt und bestanden werden. Es gibt nur bestanden/nicht bestanden für das Praktikum, keine Note.
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 15 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	• S. Selberherr, Analysis and Simulation of Semiconductor Devices • J. Jin, The Finite Element Method in Electromagnetics • Vorlesungsskript

Robotics and automation

1	Module name 92345	Human-centered mechatronics and robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Human-centered mechatronics and robotics (2 SWS) Übung: Human-centered mechatronics and robotics (UE) (2 SWS) Tutorium: Human-centered mechatronics and robotics (Tut)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Rodrigo Jose Velasco Guillen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	- Human-oriented design methods - Biomechanics Motions, measurement, and analysis Biomechanical models - Elastic actuators - Control methods Cognitive and physical human-robot interaction Empirical research methods - Research process and experiment design - 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.
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: - Tackle the interdisciplinary challenges of human-centered robot design. - Use engineering methods for modeling, design, and control to develop human-centered robots. - Apply methods from psychology (perception, experience), biomechanics (motion and human models), and engineering (design methodology) and interpret their results. - Develop robotic systems that are provide user-oriented interaction characteristics in addition to efficient and reliable operation.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Ott, C. (2008). Cartesian impedance control of redundant and flexible-joint robots. Springer. • Whittle, M. W. (2014). Gait analysis: an introduction. Butterworth-Heinemann. • Burdet, E., Franklin, D. W., & Milner, T. E. (2013). Human robotics: neuromechanics and motor control. MIT press. • Gravetter, F. J., & Forzano, L. A. B. (2018). Research methods for the behavioral sciences. Cengage Learning. • Further topic-specific text books and selected research articles.

1	Module name 92347	Mechatronic components and systems (MCS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS) Tutorium: Mechatronic components and systems (Tut)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Martin Rohrmüller Yongxu Ren	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	System thinking and integration - Interactions of hardware and software - Engineering design methods Mechanical components - Energy conductors and transformers - Control elements and energy storages Actuators - Electrodynamical and electromagnetic actuators - Fluid actuators and unconventional actuators • Sensors for measuring mechanical quantities • Control and information processing
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: • Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing. • Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren. • Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design. • Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system. • Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker. • Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer. • Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer

1	Module name 92359	Robot mechanisms and user interfaces	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers. Attendance is not mandatory.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Mehmet Ege Cansev
5	Contents	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 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	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: 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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Attendance accounts to 56h and self-study to 94h. It is a written exam that accounts to 100% of the final grade.
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.

	Lenarcic, J., Bajd, T., & Stanisic, M. M. (2013). Robot mechanisms. Springer. Hatzfeld, C., & Kern, T. A. (2016). Engineering haptic devices. Springer. Selected research articles.

1	Module name 92519	Robotics 1	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Robotics 1 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Andreas Völz	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Völz
5	Contents	This lecture introduces the fundamentals of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: - Modeling: coordinate systems and transformations, parameterization of rotation matrices, forward and inverse kinematics, Jacobians and singularities - Trajectory planning: polynomial and trapezoidal trajectories, trajectories with intermediate points, trajectories in task space - Linear control: actuator dynamics, decentralized motion control, basics of task space and force control
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to - mathematically describe and analyze the kinematics of robotic manipulators. - plan trajectories for robot motions. - design and implement linear methods for robot motion and force control.
7	Prerequisites	- Basis knowledge of advanced mathematics - Basic knowledge of control theory
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005. B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009. J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.

1	Module name 92529	Nonlinear Control Systems Nonlinear control systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Nonlinear Control Systems (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	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: • Examples of nonlinear physical systems and nonlinear phenomena • Introduction to computer algebra software • Analysis of nonlinear systems • Stability of nonlinear systems (Lyapunov stability) • Lyapunov-based control design (Backstepping) • Reachability/controllability and observability of nonlinear systems • Exact linearization via feedback • Differential flatness of nonlinear systems • Flatness-based feedforward and feedback control of nonlinear systems
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to • describe and analyze nonlinear systems • determine the input/output behavior of nonlinear systems • design nonlinear state feedback controllers via exact input-output and input-state linearization • apply the concept of differential flatness for the feedforward feedback control of nonlinear systems • use computer algebra software for the analysis and control design of nonlinear systems
7	Prerequisites	Basic knowledge of advanced mathematics Linear control theory (state space methods), e.g. "Regelungstechnik B"
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• H.K. Khalil. Nonlinear Systems, Prentice Hall, 2002 • S. Sastry. Nonlinear Systems, Springer, 1999 • A. Isidori. Nonlinear Control Systems, Springer, 3. Auflage, 1995 • J. Adamy. Nichtlineare Regelungen, Springer, 2009 • J.-J. Slotine, W. Li. Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991 • M. Vidyasagar. Nonlinear Systems Analysis, Prentice Hall, 2. Auflage, 1993 • M. Krstic, I. Kanellakopoulos, P. Kokotovic. Nonlinear and Adaptive Control Design, John Wiley & Sons, 1995

1	Module name 92535	Robotics 2	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Andreas Völz
5	Contents	This lecture introduces advanced methods of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: • Dynamics: Euler-Lagrange formulation, recursive Newton-Euler algorithm, extensions of the dynamical model • Nonlinear control: Lyapunov stability, gravity compensation, inverse dynamics, adaptive control, task space control • Motion planning: Time-optimal trajectory generation, collision checking, configuration space, local path planning, global path planning • Mobile robots: Basics of control and planning
6	Learning objectives and skills	The students are able to • derive the dynamical model of a robotic manipulator using the Euler-Lagrange equations and the recursive Newton-Euler algorithm • design and implement nonlinear methods for robot motion and force control and analyze their stability using Lyapunov theory • plan collision-free motions for robots in known environments using local and global planning algorithms
7	Prerequisites	Recommended prior knowledge: Basics of advanced mathematics, control theory and robotics
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005. • B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.

	• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018. • S. LaValle: Planning algorithms, Cambridge University Press, 2006.

1	Module name 92580	Grundlagen der Elektrotechnik III Foundations of electrical engineering III	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	• Umfang und Bedeutung der elektrischen Messtechnik • Die Grundlagen des Messens • Fourier-Transformation • Laplace-Transformation • Netzwerkanalyse im Zeit- und Laplace-Bereich • Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm • Nichtlineare Bauelemente, Schaltungen und Systeme • Operationsverstärker • Messverstärker • Messfehler • Messung von Gleichstrom und Gleichspannung • Ausschlagbrücken • Abgleichbrücken, Messung von elektrischen Impedanzen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • ordnen die behandelten Verfahren gemäß ihrer Eignung für spezifische Probleme (Zeit-/Frequenzbereich, Linear/ Nichtlinear) ein. • wählen geeignete Verfahren zur Analyse elektrischer Netzwerke aus und wenden diese an. • interpretieren die Ergebnisse und zeigen Zusammenhänge zwischen den Lösungsverfahren auf. • kennen einfache Grundsaltungen mit Operationsverstärkern und sind in der Lage, diese zu analysieren. • kennen die behandelten Messschaltungen und ihre Einsatzmöglichkeiten. • analysieren Brückenschaltungen. • wenden grundlegende Konzepte der Messfehlerrechnung auf Messschaltungen an. • reflektieren selbstständig den eigenen Lernprozess und nutzen die Präsenzzeit zur Klärung der erkannten Defizite.
7	Prerequisites	Empfohlen: Grundlagen der Elektrotechnik I und II
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Lehrbuch: Elektrische Messtechnik", R. Lerch, 7. Aufl. 2016, Springer-Verlag Übungsbuch: Elektrische Messtechnik Übungen", R. Lerch, M. Kaltenbacher, F. Lindinger, A. Sutor, 2. Aufl. 2005, Springer-Verlag

1	Module name 92650	Regelungstechnik A (Grundlagen) Control engineering A (Foundations)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	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: • Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik • Modellbildung der Strecke im Zeit und Frequenzbereich und Darstellung als Strukturbild • Analyse des Streckenverhaltens linearer Eingrößensysteme anhand von Übertragungsfunktion und Frequenzgang • Auslegung einschleifiger Regelkreise • Erweiterte Regelkreisstrukturen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik erläutern. • Problemstellungen als Steuerungs- und Regelungsaufgabe identifizieren. • das Streckenverhalten durch ein mathematisches Modell in Form des Strukturbilds beschreiben. • eine Modellvereinfachung durch Linearisierung und Strukturbildumformung durchführen. • aus Übertragungsfunktion und Frequenzgang das qualitative Streckenverhalten ermitteln. • zu einem Frequenzgang Ortskurve und Bode-Diagramm angeben. • den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Regelung angeben und die Zweckbestimmung von Vorsteuerung und Regelung erläutern. • Sollverläufe auf Zulässigkeit überprüfen und realisierbare Vorsteuerungen entwerfen. • die Regelkreis-Stabilität definieren und mit dem Nyquist-Kriterium untersuchen. • entscheiden, wann welcher Reglertyp in Frage kommt und nach welchen Gesichtspunkten dessen Parameter zu wählen sind. • für lineare Eingrößensysteme einen geeigneten Regler entwerfen. • ergänzende Maßnahmen zur Störverhaltensverbesserung beschreiben und zur Anwendung bringen. • die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich weiterführende

		Frequenzbereichsmethoden der Regelungstechnik selbständig erschließen.
7	Prerequisites	Empfohlene Vorkenntnisse: Systemtheorie linearer zeitkontinuierlicher Systeme (inkl. Laplace-Transformation)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Grading procedure	Written examination (100%) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, 12. Auflage, VDE-Verlag, 2016 • M. Horn, N. Dourdoumas. Regelungstechnik, Pearson Studium, 2004 • W. Leonhard. Einführung in die Regelungstechnik, 4. Auflage, Vieweg, 1987 • J. Lunze. Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 12. Auflage, Springer, 2020 • R. Unbehauen. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, 2002 • G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1 und 2, Springer, 1995

1	Module name 92670	Sensorik Sensor technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	• Einführung in die Sensorik • Wandlerprinzipien • Sensor-Parameter • Sensor-Technologien • Messung mechanischer Größen • Chemo- und Biosensoren
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder • klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte • beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren • kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser • beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen • analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen • zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer

1	Module name 94961	Schätzverfahren in der Regelungstechnik Estimation Methods for Control Systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Schätzverfahren in der Regelungstechnik (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Thomas Moor	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Thomas Moor
5	Contents	• Überbestimmte lineare Gleichungssysteme zur Parameter- und Zustandsschätzung • Least Squares Schätzer via quadratischer Ergänzung • Least Squares Schätzer via Projektionssatz • Linear Least Mean Squares Schätzer stochastischer Größen • Kalman-Filter • Extended Kalman-Filter
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erkennen, ob und wie eine regelungstechnische Problemstellung in dem vorgestellten Rahmen der Schätzverfahren formuliert und gelöst werden kann • erläutern die herangezogenen mathematischen Grundlagen, insbesondere aus der linearen Algebra • können die vermittelten Ansätze im Kontext von einfachen Beispielen anwenden und die jeweils erzielten Ergebnisse kritisch bewerten.
7	Prerequisites	Grundlagen der Analysis und Algebra, wie sie z.B. in den Veranstaltungen "Mathematik für Ingenieure" angeboten werden; Grundlagen der Regelungstechnik, z.B. durch Belegung der Module: • Regelungstechnik A (Grundlagen) • Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Kailath et al.; Linear Estimation, Prentice Hall, 2000.

1	Module name 97060	Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden) Control engineering B (State-space methods)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	Das Modul vermittelt die Grundlagen zur Beschreibung und Untersuchung von linearen dynamischen Systemen mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen im Zustandsraum sowie den zustandsraumbasierten Regler- und Beobachterentwurf. Die Inhalte sind: • Motivation der Zustandsraumbetrachtung dynamischer Systeme in der Regelungstechnik • Zustandsraumdarstellung dynamischer Systeme und deren Vereinfachung durch Linearisierung • Analyse linearer und zeitinvarianter Systeme: Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zusammenhang mit Ein-/Ausgangsbetrachtung • Auslegung von linearen Zustandsreglern für lineare Eingrößensysteme • Erweiterte Regelkreisstrukturen, insbesondere Vorsteuerung und Störgrößenkompensation • Entwurf von Zustands- und Störgrößenbeobachtern und Kombination mit Zustandsreglern (Separationsprinzip)
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • die Vorzüge der Zustandsraumbetrachtung im Vergleich zur Ein-/Ausgangsbetrachtung darlegen. • für dynamische Systeme die Zustandsgleichungen aufstellen und durch Linearisierung vereinfachen. • für LZI-Systeme die Zustandsgleichungen in Normalformen transformieren. • Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit von Zustandssystemen definieren und LZI-Systeme daraufhin untersuchen. • ausführen, wie diese Eigenschaften mit den Eigenwerten und Nullstellen von LZI-Zustandssystemen zusammenhängen. • den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Zustandsregelung angeben und die Zweckbestimmung ihrer einzelnen Komponenten erläutern. • realisierbare Vorsteuerungen zur Einstellung des Sollverhaltens entwerfen. • Zielstellung und Aufbau eines Zustandsbeobachters erläutern. • diesen zu einem Störbeobachter erweitern und Störaufschaltungen zur Kompensation von Dauerstörungen konzipieren. • beobachterbasierte Zustandsregelungen durch Eigenwertvorgabe entwerfen.

		die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich die Zustandsraummethoden der Regelungstechnik selbständig weiter erschließen.
7	Prerequisites	Empfohlene Vorkenntnisse: Vektor- und Matrizenrechnung sowie Grundlagen der Regelungstechnik (klassische Frequenzbereichsmethoden; kann auch parallel gehört werden, siehe Regelungstechnik A)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Grading procedure	Written examination (100%) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	- C.T. Chen. Control System Design, Pond Woods Press, 1987 O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung. 8. Auflage, Hüthig, 1994 H. Geering. Regelungstechnik, 6. Auflage, Springer, 2004 T. Kailath. Linear Systems, Prentice Hall, 1980 G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1, Springer, 1995 - D.G. Luenberger. Introduction to Dynamic Systems, John Wiley & Sons, 1979 J. Lunze. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, Springer, 2020 J. Lunze. Regelungstechnik 2, 10. Auflage, Springer, 2020 L. Padulo, M.A. Arbib. System Theory, W.B. Saunders Company, 1974

	• W.J. Rugh. Linear System Theory 2, Prentice Hall, 1996	

1	Module name 94967	Machine Learning for Control Systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Michalka
5	Contents	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. Lecture contents: • Basic Concepts of Machine Learning and Stochastic Processes • Iterative Learning Control • Linear Regression • Gaussian Process Regression • Logistic Regression and Support Vector Machine • Artificial Neural Networks • Reinforcement Learning
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to: • 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. • distinguish between and explain in detail the functional principles of different machine learning methods. • apply various methods of machine learning to the design of control systems.
7	Prerequisites	Recommended prior knowledge: Basics of advanced mathematics and control theory
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

1	Module name 92241	Modeling of Control Systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Thomas Moor
5	Contents	• Ordinary differential equations as models of engineering processes • State space representation and linearisation • Control engineering models of mechanical systems • Control engineering models of chemical processes • Numerical methods for the solution of ordinary differential equations
6	Learning objectives and skills	The students • explain how to derive models for engineering processes • develop models for the control of basic technical processes • develop models for complex mechanical systems • explain established models for basic chemical processes • discuss and evaluate methods for the numerical solution of ordinary differential equations
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Woods, R.L., Lawrence, K.L.: Modeling and Simulation of Dynamic Systems, Prentice Hall, 1997

1	Module name 92528	Numerical Optimization and Model Predictive Control Numerical optimization and model predictive control	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Numerical Optimization and Model Predictive Control (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	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). In summary, the course covers the following topics: • Introduction to and examples of static and dynamic optimization problems • Unconstrained numerical optimization (optimality conditions, numerical methods) • Constrained numerical optimization (linear/quadratic/nonlinear problems, optimality conditions, numerical methods) • Dynamical optimization / optimal control problems (calculus of variations, optimality conditions, PMP, numerical methods) • Nonlinear model predictive control (formulations, stability, real-time solution)
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to • differentiate the problem classes of parametric and dynamic optimization • formulate and analyze practical optimization problems • derive and solve the optimality conditions for unconstrained and constrained optimization problems using state-of-the-art software tools • classify the different formulations and stability criteria for nonlinear model predictive control • design a model predictive controller for a given control task and analyze the performance and stability properties in closed loop • 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
7	Prerequisites	Basic knowledge of advanced mathematics (especially linear algebra) Basic knowledge of dynamical systems in time domain description (e.g. Regelungstechnik B)
8	Integration in curriculum	semester: 6
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211

		Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	S. Boyd, L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004 J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization. New York: Springer, 2006 M. Papageorgiou, M. Leibold, M. Buss. Optimierung. Berlin: Springer, 2012 C.T. Kelley. Iterative Methods for Optimization. Society for Industrial und Applied Mathematics (SIAM), 1999 D.P. Bertsekas. Nonlinear Programming. Belmont. Athena Scientific, 1999 E. Camacho, C. Alba. Model Predictive Control. 2. Auflage, Springer, 2004 L. Grüne, J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms, Springer, 2011

Electrical engineering and drives

1	Module name 96063	Power System Operations and Control Transmission system operation and control	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Peter Hoffmann
5	Contents	The lecture gives an overview on the transmission system operations and how to control the system in the growing challenges and changing environment, like continuous development of electricity market, extensive cross-border electricity exchange throughout the continent and rapid growth of generation from intermittent Renewable Energy Sources (RES). This requires a need for close cooperation of the European Transmission System Operators as well as the development and implementation of new tools for system operation including a joint platform of harmonized technical rules. The lecture comprises technical and organizational aspects for interconnected operation including load and frequency control, voltage and reactive power control, congestion and outage management. Stability issues are investigated based on the analysis of major blackouts. It is explained how the electricity market has been implemented and what are the platforms used by TSOs. The lecture is given in English since growing cooperation among TSOs and other parties in the electricity sector requires a common technical terminology and communication language.
6	Learning objectives and skills	The students • learn the basic relationships in PSOC between the energy market and grid operators, • understand the advantages of interconnected operation, • understand the interplay between grid equipment, • understand the functionality of frequency and voltage control in interconnected systems, • analyse the provision of ancillary services to guarantee a stable and secure operation of interconnected systems, • apply calculation methodologies to practical examples, • analyse current challenges in transmission system control due to the integration of renewables and • analyse the control practises of ancillary service providers to guarantee a stable transmission system operation.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Die Prüfung findet schriftlich in englisch 90 min lang statt.
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 92542	Grundlagen der elektrischen Energieversorgung Fundamentals of electrical energy supply	4 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther
5	Contents	Ausgehend von der Bedeutung und den Eigenschaften der elektrischen Energie wird der Aufbau von Energieversorgungssystemen beschrieben und die wichtigsten Systemelemente im Überblick vorgestellt. Die Grundlagen der Wechselstromtechnik werden erarbeitet und die gebräuchlichen Koordinatentransformationen für Dreiphasensysteme und ihre wechselseitigen Zusammenhänge behandelt. Mit ihrer Hilfe werden die Hauptelemente symmetrischer Drehstromnetzwerke transformiert und die Modellierung und Berechnung von Drehstromnetzen im symmetrischen und unsymmetrischen Betrieb vorgestellt. Ausführlich folgen die Leistungsverhältnisse in Elektroenergiesystemen als Grundlage für deren Auslegung und Betrieb, einschließlich nicht kosinusförmiger periodischer Dreiphasensysteme. Den Abschluss bilden Fragen der wirtschaftlichen elektrischen Energieversorgung.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können grundlegende und praxisnahe Herausforderungen der elektrischen Energieversorgung einschätzen und die Zusammenhänge über die technischen Grundlagen und Begrifflichkeiten erläutern. Sie bauen auf ihren Vorkenntnissen (aus Grundlagen der Elektrotechnik) auf und können die Berechnungsgrundlagen für die elektrische Energieversorgung anwenden. Sie sind in der Lage, die notwendigen physikalischen Grundlagen, mathematischen Verfahren und Werkzeuge anhand von praxisnahen Beispielen darzustellen und anzuwenden: • Übergang vom Wechselstrom- zum Drehstromsystem mit Berechnung der verschiedenen Leistungsarten in ein- und dreiphasigen Systemen • Betriebsmöglichkeiten hybrider Systeme • Vier- und Achtpoltheorie sowie unterschiedlicher Modaltransformationen, um symmetrische und unsymmetrische Betriebszustände in Drehstromsystemen zu analysieren • Berechnungsverfahren zur Kenngrößenbestimmung von Leitungen Weiterhin können die Studierenden Grundkenntnisse und Berechnungsverfahren für alle relevanten Betriebsmittel und Komponenten der elektrischen Energieversorgung anwenden. Sie können die Grundzüge der elektrischen Energiewirtschaft und Netzbetriebsführung erklären und die wirtschaftlichen und operativen Prozesse in der Elektrischen Energieversorgung einordnen. Damit sind

		sie in der Lage, ihr Wissen in weiterführenden energietechnischen Vorlesungen auszubauen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Die Prüfung erfolgt schriftlich (Klausur, 90 min lang).
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Skript zur Vorlesung • Herold, Gerhard: Elektrische Energieversorgung I. Drehstromsysteme - Leistungen - Wirtschaftlichkeit. 3. Aufl. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag, 2011 - 400 Seiten. ISBN 3-935340-69-9

1	Module name 92560	Grundlagen der Elektrotechnik I Foundations of electrical engineering I	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernd Witzigmann
5	Contents	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. 1. Physikalische Grundbegriffe 2. Das elektrostatische Feld 3. Das stationäre elektrische Strömungsfeld 4. Einfache elektrische Netzwerke 5. Das stationäre Magnetfeld 6. Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld 7. Wechselspannung und Wechselstrom
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • den Begriff des Feldes zu verstehen, • Gleich- und Wechselstromschaltungen mit Widerständen, Kapazitäten, Induktivitäten und Transformatoren zu entwickeln, • Schwingkreise und Resonanzerscheinungen zu analysieren, • Energie- und Leistungsberechnungen durchzuführen, • Schaltungen zur Leistungsanpassung und zur Blindstromkompensation zu bewerten, • das Drehstromsystem zu verstehen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 2021 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 2021

10	Method of examination	Written examination (120 minutes) schriftliche Klausur, Dauer 120 min
11	Grading procedure	Written examination (100%) 100 der Klausurnote
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• M. Albach, Elektrotechnik, Pearson Verlag • Manfred Albach: Grundlagen der Elektrotechnik I und II, Pearson-Verlag • Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage • Optional: Übungsbuch, Pearson-Verlag

1	Module name 92570	Grundlagen der Elektrotechnik II Foundations of electrical engineering II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: GET II Ü, Gruppe E (MECH) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe C (ET/BT) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe A (EEI) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe D (MECH) (2 SWS) Übung: GET II Ü, Gruppe B (MT) (2 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Elektrotechnik II (2 SWS) Tutorium: GET II Tut (2 SWS)	- - - - - 5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerald Gold Ann-Christine Fröhlich David Panusch Simon Pietschmann Christian Huber Dr.-Ing. Ingrid Ullmann Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	Contents	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 Grundschaltungen und Netzwerke aus konzentrierten Bauelementen bei sinus- und nichtsinusförmiger harmonischer Erregung. 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. 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. Der nachfolgende Teil über mehrpolige Netzwerke konzentriert sich nach der Behandlung von allgemeinen Mehrporten 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. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Umformung, Analyse und Synthese von einfachen und umfangreicheren Netzwerken bei sinus- und nichtsinusförmiger Erregung in komplexer Darstellung. • können die im Inhalt beschriebenen Verfahren und Methoden der Netzwerkanalyse erklären und auf Schaltungsbeispiele anwenden. • können Verfahren der Netzwerkanalyse hinsichtlich des Rechenaufwandes beurteilen und vergleichen.
7	Prerequisites	empfohlen: • Grundlagen der Elektrotechnik 1 • Mathematik I • Mathematik II (begleitend)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Elektrotechnik, Albach, M., 2011. Grundlagen der Elektrotechnik - Netzwerke, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2013. (bisher: Grundlagen der Elektrotechnik 3, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2006.

1	Module name 96120	Elektrische Antriebstechnik II Electrical drives II	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn
5	Contents	[*Elektrische Antriebstechnik II*] [*Regelung drehzahlveränderbarer Antriebe (Übersicht)*] [*Regelung der Gleichstrommaschine*] [*U/f-Steuerung von Drehstromantrieben*] [*Regelung von Drehstromantrieben:* Feldorientierte Regelung mit Geber: Asynchronmaschine, Permanentterregte Synchronmaschine mit Sinusstrom, Elektrisch erregte Synchronmaschine; Direktumrichter; Stromrichter motor; Asynchronmaschine mit Phasenfolgelösung; Permanentterregte Synchronmaschine mit Blockstrom *Vergleich der Eigenschaften von Antrieben mit Pulsumrichter und Asynchronmaschine und elektr./perm. erregter Synchronmaschine Digitale Feldbusse:* Einleitung, Grundlegende Eigenschaften, Beispiele [*Electrical Drives (Part II)*] *Control of speed-adjustable drives (overview)* *Closed-loop control for DC-drives* *V/f-control for three-phase AC-drives* *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 *Comparison of inverter-fed drives with asynchronous machine, synchronous machine with electrical and permanent magnet excitation Digital field busses:* Introduction, Basic features, Examples
6	Learning objectives and skills	*Ziel* Die Studierenden entwerfen und berechnen die klassischen Strukturen der Regelung von Gleichstrom- und Drehfeldantrieben, mit besonderem Gewicht auf der Feldorientierten Regelung. *Lernziele:* *Regelung der Gleichstrommaschine:* Die Studierenden erstellen das Blockschaltbild der klassischen Kaskadenregelung der Gleichstrommaschine und wählen geeignete Übertragungsfunktionen für den Strom-, Drehzahl und Lageregelkreis. *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 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, permanenterrregte 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. *Lagegeberlose Regelung:* 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. *Direct Torque Control:* 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. *Digitale Feldbusse:* 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. 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
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Skript script accompanying the lecture

1	Module name 96240	Hochspannungstechnik High-voltage engineering	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther
5	Contents	Es wird ein Einblick in die physikalischen und technischen Grundlagen der Hochspannungstechnik vermittelt. Die Spannungsbelastung der Betriebsmittel und daraus entstehende elektrische Beanspruchung der Isolierstoffe soll qualitativ bewertet und quantitativ ermittelt werden können. Hierzu werden die physikalischen Vorgänge beim Durchschlag in gasförmigen, flüssigen und festen Isolierstoffen näher betrachtet. Im Rahmen der Isolationskoordination in elektrischen Netzen wird der Schutz vor Überspannungen in Form von Wanderwellen durch Blitzeinschläge und Schaltvorgänge anhand von Überspannungsableitern betrachtet. Bei Schaltvorgängen werden die physikalischen Grundlagen der Lichtbogenlöschung und Spannungsfestigkeit abhängig von den Schaltgerätetypen vermittelt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die physikalischen und technischen Grundlagen der Hochspannungstechnik • wenden verschiedene Verfahren zur Berechnung elektrischer Felder an • analysieren und bewerten konstruktive Problemstellungen und die sich ergebenden Beanspruchungen • verstehen die Grundlagen und die physikalischen Hintergründe der elektrischen Festigkeit verschiedener Isolierstoffe • entwickeln mit diesen Erkenntnissen und dem Wissen um die physikalischen Vorgänge bei einem Durchschlag in unterschiedlichen Isoliermedien neue konstruktive und materialtechnische Lösungen • analysieren die Ursachen von Überspannungen in Hochspannungsanlagen • verstehen transiente Überspannungen, Wanderwellenvorgänge und die Auslegung von Überspannungsableitern • erlernen die Grundlagen von Schaltgeräten, deren unterschiedliche Typen und Löschmedien, die Vorgänge bei der Lichtbogenlöschung und transienten Wiederkehrspannung
7	Prerequisites	Empfohlen: • Grundlagen der Elektrotechnik • Grundlagen der Elektrischen Energieversorgung
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Die Prüfung erfolgt schriftlich (Klausur, 90 min lang).
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Skript zur Vorlesung • Küchler, Andreas: Hochspannungstechnik: Grundlagen - Technologie - Anwendungen, 4. Auflage, Springer Vieweg, 2017 • Hilgarth, Günther: Hochspannungstechnik mit 46 Beispielen, 2. überarb. und erw. Aufl., Teubner Verlag, Stuttgart, 1992 • Crastan, Valentin: Elektrische Energieversorgung 1, 4. Auflage, Springer Vieweg, 2015

1	Module name 96360	Planung elektrischer Energieversorgungsnetze Planning of power grids	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Johann Jäger
5	Contents	Das Modul behandelt unterschiedliche Aufgabengebiete der Planung elektrischer Netze zur Energieübertragung und -verteilung. Es werden sowohl öffentliche Netze der Energieversorgungsunternehmen als auch Industrienetze betrachtet. Zu den Aufgaben gehört unter anderem die Erstellung von möglichst genauen Lastprognosen, die Auswahl geeigneter Netzstrukturen, Sternpunktbehandlung und die Koordination des Netzschutzes. Dazu werden sowohl die physikalischen als auch die technischen Kriterien so wie die entsprechenden Kenngrößen und Berechnungsverfahren besprochen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen die unterschiedlichen Aufgabengebiete der Planung elektrischer Netze, • verstehen die Unterschiede zwischen öffentlichen Energieversorgungsnetzen und Industrienetzen, • analysieren die grundlegenden Strukturen von Netzen, • verstehen die Methoden der Sternpunktbehandlung, • verstehen die Koordination des Netzschutzes, • analysieren detaillierte Lastprognosen und erstellen dafür einen Einsatzplan von Erzeugungseinheiten und • wenden Berechnungsverfahren im Hinblick auf die Planung von elektrischen Netzen an.
7	Prerequisites	Empfehlung: Grundlagen der elektrischen Energieversorgung
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Die Prüfung erfolgt schriftlich (Klausur, 90 min lang).
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Skriptum zur Vorlesung

	• Jäger, Johann; Romeis, Christian; Petrossian, Edmond: Duale Netzplanung: Leitfaden Zum Netzkompatiblen Anschluss Von Dezentralen Energieeinspeiseanlagen, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2016

1	Module name 96390	Regenerative Energiesysteme Renewable energy systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Johann Jäger
5	Contents	Diese Veranstaltung beschäftigt sich mit der Nutzung regenerativer Primärenergiequellen zur Umwandlung in mechanische und elektrische Energie. Das physikalische Verständnis für die Primärenergieträger Wasser, Wind, Biomasse, direkte Sonnenenergie und Erdwärme und deren Umwandlungsprozesse in elektrische Energie stehen dabei im Vordergrund. Dazu werden auch die Möglichkeiten und Wege zur Erhöhung der Prozesswirkungsgrade so wie deren technischen Potentiale in der elektrischen Energieversorgung aufgezeigt. Weiterhin werden die Randbedingungen beim Betrieb von regenerativen Energiesystemen im elektrischen Energieversorgungsnetz besprochen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen die Arten regenerativer Energiesysteme, • kennen die aktuellen Entwicklungen in der elektrischen Energieversorgung, • verstehen die physikalischen und technischen Zusammenhänge bei der Nutzung regenerativer Energiesysteme, • verstehen die Herausforderungen bei der Nutzung regenerativer Energiesysteme, • analysieren das Betriebsverhalten regenerativer Energiesysteme und • verstehen die Problematik der Integration regenerativer Energiesysteme in bestehende Systeme.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Klausur, schriftlich, 90 min
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Klausur 100%
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt.

1	Module name 96420	Schutz- und Leittechnik Protection and control technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Schutz- und Leittechnik (2 SWS) Übung: Übungen zu Schutz- und Leittechnik (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Johann Jäger Tobias Lorz	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Johann Jäger
5	Contents	"Schutz- und Leittechnik" behandelt die Grundlagen der Schutztechnik für die elektrische Energieversorgung und Teilgebiete der Leittechnik. Schutztechnik ist ein unverzichtbarer Bestandteil der elektrischen Energieversorgung. Ohne Schutztechnik wird kein energietechnische Anlage weltweit in Betrieb genommen. Zunächst werden mögliche fehlerfreie und fehlerbehaftete Netzzustände im Hinblick auf die Verarbeitung in den Schutzgeräten analysiert und analytisch beschrieben. Anschließend werden die wichtigsten Schutzkriterien und algorithmen ohne und mit inhärenter Fehlerortselektivität besprochen und technisch bewertet. Die Schutzgerätetechnik fasst unterschiedliche Schutzkriterien zusammen und passt die Funktionalität an die vorherrschenden Netzverhältnisse an. Darauf aufbauend werden Schutzkonzepte für unterschiedliche Netzstrukturen und die Bedeutung der Koordination der Schutzgeräte untereinander aufgezeigt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Grundlagen der Schutztechnik, • verstehen die Grundlagen der Leittechnik, • verstehen die verschiedenen Methoden der Schutztechnik, • analysieren fehlerfreie und fehlerbehaftete Betriebszustände im System im Hinblick auf die Verarbeitung in Schutzgeräten, • analysieren die wichtigsten Schutzkriterien und -algorithmen und • kennen die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Schutztechnik.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Die Prüfung erfolgt schriftlich (Klausur, 90 min lang).
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt.

1	Module name 96511	Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme Operating materials and components for electrical energy supply systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther
5	Contents	"Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme" beschäftigt sich mit den Betriebsmitteln und Komponenten elektrischer Energiesysteme. Als Einleitung bekommen die Studierenden einen Überblick über die Struktur und den Aufbau der elektrischen Energieversorgung. Anschließend werden die notwendigen Berechnungsgrundlagen für die Modellierung der Komponenten erläutert. Im Hauptteil werden die einzelnen Betriebsmittel der elektrischen Energieversorgung vorgestellt und auf die mathematische Modellierung ihres Verhaltens eingegangen. Des Weiteren wird auf die Kriterien zur Dimensionierung von kompletten Anlagen, Komponenten und einzelnen Betriebsmitteln eingegangen. Abschließend werden die aktuellen Entwicklungen in der Leistungselektronik und Speichertechnik vorgestellt und erläutert. Gliederung: 1. Einführung: Grundlagen elektrischer Energiesysteme 2. Berechnungsgrundlagen 3. Ersatzschaltungen und Kenndaten von Betriebsmitteln • Freileitungen • Kabel • Transformatoren • Generatoren • Lasten • Kompensationseinrichtungen 4. Aufbau und Komponenten von Schaltanlagen 5. Bemessung und Auslegung von Anlagen und Betriebsmitteln 6. Leistungselektronische Komponenten 7. Speicher
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen die charakteristischen Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme der Primär- und Sekundärtechnik (Freileitungen, Kabel, Transformatoren, Generatoren, Lasten, Kompensationsanlagen, Leistungselektronik, Speicher, Schutzgeräte und weitere), • kennen die Grundsätze bei Planung und Betrieb von elektrischen Anlagen, • verstehen den konstruktiven Aufbau und die grundlegenden Funktionen einzelner Betriebsmittel und Komponenten,

		• verstehen das Zusammenwirken von Betriebsmitteln und Komponenten in elektrischen Energiesystemen, • wenden die erworbenen Fähigkeiten zur elektrischen Nachbildung von Betriebsmitteln und Komponenten an, • wenden die erworbenen Berechnungsgrundlagen in realitätsnahen Aufgabenstellungen an, • wenden Bemessungsgrundlagen in Anwendungsfällen für Anlagen und Betriebsmittel an und • können die Problemstellungen bei der Planung und dem Betrieb von elektrischen Anlagen verstehen und die Methoden der Lösung anwenden.
7	Prerequisites	• Grundlagen der elektrischen Energieversorgung
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Herold: Elektrische Energieversorgung II. Parameter elektrischer Stromkreise - Freileitungen und Kabel Transformatoren, J. Schlembach Fachverlag, 2. Auflage, 2008 und 2010. • Oeding, Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze Springer-Verlag, 8. Auflage, 2016. • Schwab, A.: Elektroenergiesysteme, Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie Springer-Verlag, 2.Auflage 2009.

1	Module name 96521	Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme Operating performance of electrical energy systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme (2 SWS) Vorlesung: Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther Ilya Burlakin Dr.-Ing. Gert Mehlmann Seyedehniloofar Kamalhosseini	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther
5	Contents	"Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme" beschäftigt sich mit den Grundlagen des Betriebsverhaltens elektrischer Energiesysteme. Der Schwerpunkt liegt auf der Auslegung und dem Betrieb elektrischer Übertragungsnetze. Dabei wird sowohl auf die Transportaufgabe des Systems als auch auf die Erbringung von Systemdienstleistungen eingegangen (z.B. Frequenz- und Spannungsregelung). Zu Beginn bekommen die Studierenden einen Überblick über die Aufgaben der Systemanalyse von elektrischen Energieversorgungssystemen und es werden die notwendigen Grundlagen zur Durchführung von Netzberechnungen erläutert. Anschließend werden Netze im stationären Betrieb betrachtet. Hierfür wird die Methodik der Leistungsfluss- und der Kurzschlussstromberechnung erläutert. In diesem Zusammenhang wird auch auf den Einfluss der Sternpunktbehandlung und Erdung eingegangen. Weiterhin wird die Thematik der Systemstabilität behandelt, welche die Polradwinkel-, Spannungs- und Frequenzstabilität elektrischer Energiesysteme beinhaltet. Abschließend wird auf die Leistungs-Frequenz-Regelung und die Spannungsregelung elektrischer Energiesysteme behandelt. *Gliederung*: 1. Aufgaben und Grundlagen der Systemanalyse 2. Grundlagen der Netzberechnung 3. Stationäre Netzberechnungen 4. Kurzschlussstromberechnung 5. Stabilität 6. Netzregelung und Systemführung
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen die typischen Netzstrukturen elektrischer Energiesysteme, • kennen die Grundlagen der Netzbetriebsführung, • verstehen das grundsätzliche Verhalten elektrischer Energiesysteme im gestörten und ungestörten Betrieb,

		• verstehen die Ursachen und Charakteristik von lokalen und überregionalen Ausgleichsvorgängen in elektrischen Energiesystemen, • wenden ingenieurwissenschaftliche Herangehensweisen zur Untersuchung realer Szenarien an, • analysieren die Erbringung von Systemdienstleistungen (Frequenzhaltung, Spannungshaltung, Versorgungswiederaufbau und Betriebsführung) in Verbundsystemen, • analysieren systematisch das Systemverhalten mit Hilfe mathematischer Verfahren im stationären und dynamischen Betrieb, • analysieren Ursachen des Systemverhaltens anhand von Aufzeichnungen aus dem Betrieb großer Verbundsysteme und • analysieren Konzepte zur Verbesserung des Systemverhaltens elektrischer Energiesysteme.
7	Prerequisites	• Grundlagen der elektrischen Energieversorgung • Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Oeding, Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze Springer-Verlag, 8. Auflage, 2016. • Schwab, A.: Elektroenergiesysteme, Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie Springer-Verlag, 2.Auflage 2009. • Herold: Elektrische Energieversorgung III und IV, J. Schlembach Fachverlag, 2. Auflage, 2008 und 2003

1	Module name 96540	Elektrische Antriebstechnik I Electrical drives I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektrische Antriebstechnik I (2 SWS) Übung: Übungen zu Elektrische Antriebstechnik I (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn Marco Eckstein	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn
5	Contents	*1. Einleitung* Generelle Aspekte Folgerungen für die Vorlesung Elektrische Antriebstechnik Blockschaltbild eines Drehstromantriebssystems *2. Grundlagen* 2.1 Motor und Lastmaschine 2.2 Übersicht der elektrischen Antriebe *3. Stromrichter für Gleichstromantriebe an Gleichstromquellen* *4. Übersicht Drehstromantriebe* *5. Stromrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis (Drehstrom)* 5.1 Variable Zwischenkreisspannung und blockförmige Motorspannung 5.2 Konstante Zwischenkreisspannung und sinusförmiger Motorstrom 5.3 Konstante Zwischenkreisspannung und blockförmiger Motorstrom *6. Netzgeführte Stromrichter* 6.1 Netzgeführte Stromrichter für Gleichstromantriebe 6.2 Netzgeführte Stromrichter für Drehstromantriebe 6.2.1 Stromrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis 6.2.2 Direktumrichter *7. Andere Topologien* 7.1 Matrixumrichter 7.2 Doppeltgespeiste Asynchronmaschine *8. Digitale Regelung und Steuerung (Hardware)* 8.1 Blockschaltbild 8.2 Microcontroller 8.3 PLD, FPGA, ASIC 8.4 Zeitscheiben und Interrupt 8.5 Abtastung *9. Drehzahl- und Positionsgeber* 9.1 Analogtacho 9.2 Impulsgeber 9.3 Resolver
6	Learning objectives and skills	*Ziel:* 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. *Lernziele:*

		Mechanik: 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. *Stromrichter für Gleichstromantriebe an Gleichstromquellen:* 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. *Stromrichter mit Gleichspannungs-ZK:* 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. *Netzgeführte Stromrichter:* Die Studierenden beschreiben Aufbau und Funktionsweise der Diode und des Thyristors. Sie fertigen Schaltbilder verschiedener Stromrichter an und untersuchen und bewerten die Stromüberschwingungen 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. *Weitere Topologien:* Die Studierenden zeichnen Schaltbilder und erläutern die Funktionsweise von seltenen Topologien selbstgeführter Stromrichter. Die Studierenden beurteilen das Prinzip und die Funktionsweise der untersynchronen Stromrichterkaskade. *Digitale Regelung:* 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. *Drehzahl- und Positionsgeber:* Die Studierenden erstellen Schaltbilder für Signalwege verschiedener Geber abhängig von der Antriebsaufgabe. Sie erklären den Signalweg und berechnen das Signal für einfache Beispiele.
7	Prerequisites	Vorlesung und Übung Leistungselektronik wird sehr empfohlen!
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Skript

1	Module name 96630	Leistungselektronik Power electronics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Martin März
5	Contents	Grundlagen der Topologieanalyse: Stationaritätsbedingungen, Strom-Spannungsformen, verbotene Schalthandlungen Nicht-isolierende Gleichspannungswandler: Grundlegende Schaltungstopologien, Funktionsweise, Dimensionierung Isolierende Gleichspannungswandler: Grundlegende Schaltungstopologien, Gleichrichterschaltungen, Transformatoren als Übertrager bzw. Energiespeicher Leistungshalbleiter: 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 Passive Leistungsbaulemente: Induktive Bauelemente (weichmagnetische Kernmaterialien, nichtlineare Eigenschaften, Kernverluste, Wicklungsverluste); Kondensatoren (Technologien und deren Anwendungseigenschaften, sicherer Arbeitsbereich, Brauchbarkeitsdauer, Impedanzverhalten) Parasitäre Elemente: Niederinduktive Aufbautechniken Treiber- und Ansteuerschaltungen für Leistungshalbleiter: Grundsaltungen zur Ansteuerung MOS-gesteuerter Bauelemente mit und ohne galvanische Isolation, Schaltungen zur Erhöhung von Störabstand und Treiberleistung, Ladungspumpe, Schutzbeschaltungen, PWM-Modulatoren Gleichrichter und Leistungsfaktorkorrektur: Phasenanschnittsteuerung, Phasenabschnittsteuerung, Gleichrichterschaltungen, Netzstromverformung, aktive Leistungsfaktorkorrektur Pulsumrichter: Übersicht, Blockschaltbild, netzseitige Stromrichter, lastseitiger Pulswechselrichter, Sinus-Dreieck- und Raumzeigermodulation, Dreipunktwechselrichter
6	Learning objectives and skills	Lernziel 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. Die Studierenden können • die Funktionsprinzipien leistungselektronischer Basistopologien mit und ohne galvanische Isolation erklären, • einfache leistungselektronische Wandler analysieren und die für ein Systemdesign relevanten elektrischen und thermischen Parameter berechnen, • die grundlegenden Eigenschaften verschiedener Schaltungslösungen erklären und diskutieren, • die Vor- und Nachteile verschiedener Bauteiltechnologien in einer leistungselektronischen Schaltung bewerten, • einfache leistungselektronische Wandler entwerfen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) schriftliche Klausur (90 min.), keine Hilfsmittel (außer Taschenrechner) erlaubt
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	[1] Franz Zach: Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-04898-3 [2] Schröder D., Marquardt R.: Leistungselektronische Schaltungen. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-662-55324-4 [3] Joachim Specovius: Grundkurs Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-03308-8 [4] Ulrich Schlien: 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

Information Technology

1	Module name 96312	Bild-, Video- und mehrdimensionale Signalverarbeitung Image, video and multidimensional signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	• ◦ Histogrammausgleich, Gamma-Korrektur • ◦ Morphologische Filter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing • ◦ Trichromat, RGB- Farbraum, HSV-Farbraum • ◦ Theorie mehrdimensionaler Signale und Systeme, Impulsantwort, lineare Bildfilterung, Leistungsspektrum, Wiener Filter • ◦ Bilineare Interpolation, Bicubische Interpolation, Spline Interpolation • ◦ Bildmerkmale, Kantendetektion, Hough Transformation, Harris Ecken Detektor, Texturmerkmale, Grauwertematrix • ◦ LoG, DoG, SIFT, SURF • ◦ Projektive Abbildungen, Blockabgleich, Optischer Fluss, Merkmalsbasierter Abgleich mittels SIFT und SURF, RANSAC • ◦ Amplituden Schwellenwertermittlung, K-Means Clustering, Bayes Klassifikation, Regionen-basierte Segmentierung, kombinierte Segmentierung und Bewegungsschätzung, zeitliche Segmentierung von Videos • ◦ Unitäre Transformation, Karhunen-Loeve Transformation, separable Transformationen, Haar und Hadamard Transformation, DFT, DCT
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen Punktoperationen an Bilddaten und Gamma-Korrektur • testen die Wirkung von Rangordnungs- und Medianfiltern an Bilddaten • unterscheiden und bewerten verschiedene Farbräume für Bilddaten

		• erklären das Prinzip der zwei-dimensionalen linearen Filterung für Bildsignale • berechnen und bewerten die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte eines Bildsignales • bestimmen vergrößerte diskrete Bildsignale mit Methoden der bilinearen und Spline-Interpolation • überprüfen Bilddaten auf ausgewählte Textur-, Kanten- und Bewegungsmerkmale • analysieren Bild- und Videodaten auf Merkmale in unterschiedlichen Scale-Spaces • erläutern und beurteilen Methoden für das Matching von Bilddaten • segmentieren Bilddaten durch Programmierung von einfachen Klassifikations- oder Clustering-Verfahren • verstehen das Prinzip von Transformation auf Bilddaten und können diese an Beispielen anwenden.
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I und II empfohlen
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• J.-R. Ohm: [Multimedia Content Analysis], Springer, 2016 • J. W. Woods: [Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding], Academic Press, second edition, 2012

1	Module name 92290	Kommunikationsnetze Communication networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Hierarchische Strukturen von Netzfunktionen* OSI-Schichtenmodell, Kommunikation im OSI-Modell, Datenstrukturen, Vermittlungseinrichtungen * Datenübertragung von Punkt zu Punkt* Signalverarbeitung in der physikalischen Schicht, synchrones und asynchrones Multiplex, Verbindungsarten *Zuverlässige Datenübertragung* Fehlervorwärtskorrektur, Single-Parity-Check-Code, Stop-and-Wait-ARQ, Go-back-N-ARQ, Selective-Repeat-ARQ *Vielfachzugriffsprotokoll* Polling, Token Bus und Token Ring, ALOHA, slotted ALOHA, Carrier-Sensing-Verfahren *Routing* Kommunikationsnetze als Graphen, Fluten, vollständiger Baum und Hamilton-Schleife, Dijkstra-Algorithmus, Bellman-Ford-Algorithmus, statisches Routing mit Alternativen *Warteraumtheorie* Modell und Definitionen, Little's Theorem, Exponentialwartezimmer, Exponentialwartezimmer mit mehreren Bedienstationen, Halbexponentialwartezimmer *Systembeispiel Internet-Protokoll* Internet Protokoll (IP), Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP) *Multimedianeetze* Klassifikation von multimedialen Anwendungen, Codierung von Multimediadaten, Audio- und Video-Streaming, Protokolle für interaktive Echtzeit-Anwendungen (RTP, RTCP), Dienstklassen und Dienstgütegarantien
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen den hierarchischen Aufbau von digitalen Kommunikationsnetzen • unterscheiden grundlegende Algorithmen für zuverlässige Datenübertragung mit Rückkanal und beurteilen deren Leistungsfähigkeit • analysieren Protokolle für Vielfachzugriff in digitalen Kommunikationsnetzen und berechnen deren Durchsatz • unterscheiden Routingverfahren und berechnen optimale Vermittlungswege für beispielhafte Kommunikationsnetze

		• abstrahieren und strukturieren Warteräume in Kommunikationsnetzen und berechnen maßgebliche Kenngrößen wie Aufenthaltsdauer und Belegung • verstehen grundlegende Mechanismen für die verlustlose und verlustbehaftete Codierung von Mediendaten • kennen die maßgeblichen Standards des Internets für Sicherung, Vermittlung und Transport von digitalen Daten
7	Prerequisites	Kenntnisse über Grundbegriffe der Stochastik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	M. Bossert, M. Breitbach, "Digitale Netze", Stuttgart: Teubner-Verlag, 1999

1	Module name 92681	Signale und Systeme I Signals and systems 1	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	Kontinuierliche Signale • Elementare Operationen, Delta-Impuls, Energie und Leistung, Skalarprodukt und Orthogonalität, Faltung und Korrelation Fourier-Transformation • Definition, Symmetrien, inverse Transformation, Sätze und Korrespondenzen Laplace-Transformation • Definition, Eigenschaften und Sätze, Inverse Transformation, Korrespondenzen Kontinuierliche LTI-Systeme im Zeitbereich • Impulsantwort, Sprungantwort, Beschreibung durch Differentialgleichungen, Direktformen, Zustandsraumdarstellung, äquivalente Zustandsraumdarstellungen, Transformation auf Diagonalfom Kontinuierliche LTI-Systeme im Frequenzbereich • Eigenfunktionen, Systemfunktion und Übertragungsfunktion, Verkettung von LTI-Systemen, Zustandsraumbeschreibung im Frequenzbereich Kontinuierliche LTI-Systeme mit Anfangsbedingungen • Lösung mit der Laplace-Transformation, Lösung über die Zustandsraumbeschreibung, Zusammenhang zwischen Anfangswert und Anfangszustand Kontinuierliche LTI-Systeme mit speziellen Übertragungsfunktionen • Reellwertige Systeme, verzerrungsfreie Systeme, linearphasige Systeme, minimalphasige Systeme und Allpässe, idealer Tiefpass und idealer Bandpass Kausalität und Hilbert-Transformation • Kausale kontinuierliche LTI-Systeme, Hilbert-Transformation, analytisches Signal Stabilität und rückgekoppelte Systeme • Übertragungsstabilität, kausale stabile kontinuierliche LTI-Systeme, Stabilitätskriterium von Hurwitz, rückgekoppelte Systeme Abtastung und periodische Signale • Delta-Impulskamm und seine Fourier-Transformierte, Fourier-Transformierte periodischer Signale, Abtasttheorem, ideale und nichtideale Abtastung und Rekonstruktion, Abtastung im Frequenzbereich

6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • analysieren kontinuierliche Signale mit Hilfe der Fourier- und Laplace-Transformation • bestimmen die Impulsantwort, Direktformen und Zustandsraumdarstellung für kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme • berechnen System- und Übertragungsfunktionen für kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme • analysieren die Eigenschaften von kontinuierlichen linearen zeitinvarianten Systemen aufgrund der Zeit- und Frequenzbereichsbeschreibung • stufen kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme an-hand ihrer Eigenschaften Verzerrungsfreiheit, Linearphasigkeit und Minimalphasigkeit ein • bewerten Kausalität und Stabilität von kontinuierlichen linearen zeitinvarianten Systemen • beurteilen die Effekte und Grenzen einer Abtastung von kontinuierlichen Signalen
7	Prerequisites	Dringend empfohlen: Modul Grundlagen der Elektrotechnik I+II" oder Module Einführung in die IuK sowie Elektronik und Schaltungstechnik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger, <i>Einführung in die Systemtheorie</i> , Teubner-Verlag, 2005

1	Module name 92682	Signale und Systeme II Signals and systems 2	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung Signale und Systeme II Vorlesung: Signale und Systeme II (4 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup Simon Deniffel	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Diskrete Signale* Elementare Operationen und Eigenschaften, spezielle diskrete Signale, Energie und Leistung, Skalarprodukt und Orthogonalität, Faltung und Korrelation *Zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT)* Definition, Beispiele, Korrespondenzen, inverse zeitdiskrete Fourier-Transformation, Eigenschaften und Sätze *Diskrete Fourier-Transformation (DFT)* Definition, Beispiele, Korrespondenzen, Eigenschaften und Sätze, Faltung mittels der diskreten Fourier-Transformation, Matrixschreibweise, schnelle Fourier-Transformation (FFT) *z-Transformation* Definition, Beispiele, Korrespondenzen, inverse z-Transformation, Eigenschaften und Sätze *Diskrete LTI-Systeme im Zeitbereich* Beschreibung durch Impulsantwort und Faltung, Beschreibung durch Differenzgleichungen, Beschreibung durch Zustandsraumdarstellung *Diskrete LTI-Systeme im Frequenzbereich* Eigenfolgen, Systemfunktion und Übertragungsfunktion, Verkettung von LTI-Systemen, Zustandsraumbeschreibung im Frequenzbereich *Diskrete LTI-Systeme mit speziellen Übertragungsfunktionen* Reellwertige Systeme, verzerrungsfreie Systeme, linearphasige Systeme, minimalphasige Systeme und Allpässe, idealer Tiefpass und ideale Bandpässe, idealer Differenzierer *Kausale diskrete LTI-Systeme und Hilbert-Transformation* Kausale diskrete LTI-Systeme, Hilbert-Transformation für periodische Spektren, analytisches Signal und diskreter Hilbert-Transformator *Stabilität diskreter LTI-Systeme* BIBO-Stabilität, kausale stabile diskrete Systeme, Stabilitätskriterium für Systeme N-ter Ordnung *Beschreibung von Zufallssignalen* Erwartungswerte, stationäre und ergodische Zufallsprozesse, Autokorrelations- und Korrelationsfunktion, Leistungsdichtespektrum, komplexwertige Zufallssignale *Zufallssignale und LTI-Systeme* Verknüpfung von Zufallssignalen, Reaktion von LTI-Systemen auf Zufallssignale, Wienerfilter
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden

		• analysieren diskrete Signale mit Hilfe der zeitdiskreten Fourier-Transformation und berechnen deren diskrete Fourier-Transformation • bestimmen die Impulsantwort, Direktformen und Zustandsraumdarstellung für diskrete lineare zeitinvariante Systeme • berechnen System- und Übertragungsfunktionen für diskrete lineare zeitinvariante Systeme • analysieren die Eigenschaften von diskreten linearen zeitinvarianten Systemen aufgrund der Zeit- und Frequenzbereichsbeschreibung • stufen diskrete lineare zeitinvariante Systeme anhand ihrer Eigenschaften Verzerrungsfreiheit, Linearphasigkeit und Minimalphasigkeit ein • bewerten Kausalität und Stabilität von diskreten linearen zeitinvarianten Systemen • bewerten diskrete Zufallssignale durch Berechnung von Erwartungswerten und Korrelationsfunktionen • beurteilen die wesentlichen Effekte einer Filterung von diskreten Zufallssignalen durch diskrete lineare zeitinvariante Systeme
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 92720	Hochfrequenztechnik Microwave technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über die typischen passiven HF-Bauelemente sowie den Umgang mit Streuparametern und die Analyse von HF-Schaltungen. • lernen Antennenkonzepte und elementare Berechnungsmethoden für Antennen, Funkfelder, Rauschen und HF-Systeme kennen. • 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.
7	Prerequisites	Empfohlene Voraussetzungen: • Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten • Elektromagnetische Felder I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Prüfungsform: schriftlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Zinke, O.,Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000). Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004)

1	Module name 92730	Kommunikationselektronik Communications electronics 1	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikationselektronik (2 SWS) Vorlesung: Kommunikationselektronik (englisch) (2 SWS) Übung: Übung zu Kommunikationselektronik (englisch) (2 SWS) Übung: Übung zu Kommunikationselektronik (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jörg Robert Sebastian Klob Marcelo Michael	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Robert
5	Contents	1. Einleitung 2. Darstellung von Signalen und Spektren - Kontinuierliche und diskrete Signale - Spektrum eines Signals - Unterabtastung und Überabtastung 3. Aufbau und Signale eines Software Defined Radio Systems - Blockschaltbild eines Software Defined Radio Systems - Basisband- und Trägersignale - Empfänger-Topologien - Signale in einem Software Defined Radio System 4. Drahtlose Netzwerke 5. Übertragungsstrecke - Funkstrecke - Antennen 6. Leistungsdaten eines Empfängers - Rauschen - Nichtlinearität - Dynamikbereich eines Empfängers 7. Digital Downconverter - CIC-Filter - Polyphasen-FIR-Filter - Halbband-Filterkaskade - Interpolation 8. Demodulation digital modulierter Signale - Einführung - Demodulation einer GFSK/PAM-Paketsendung Das Modul Kommunikationselektronik behandelt Aspekte der Schaltungstechnik und der Signalverarbeitung drahtloser Übertragungssysteme, die als sog. "Software Defined Radio" Systeme aufgebaut sind. Als Beispiel dient der Empfänger eines einfachen Telemetrie-Systems, der von der Antenne bis zum Nutzdatenausgang behandelt wird. Schwerpunkte bilden der Aufbau und die Eigenschaften der Hardware des Empfängers sowie die Algorithmen zum Empfang von Telemetrie-Signalen. Dabei wird ein typisches System mit Hilfe eines miniaturisierten Empfängers und einer Verarbeitung mit dem MATLAB-

		kompatiblen Mathematikprogramm Octave implementiert. Die benötigte Software wird den Studierenden zur Verfügung gestellt. Content: 1. Introduction 2. Signal representation and discrete signals a. Continuous and discrete signals b. Signal spectrum c. Downsampling and upsampling 3. Structure and signals of a Software Defined Radio a. Block diagram of a Software Defined Radio b. Base band signals and carrier signals c. Receiver topologies d. Signals in a Software Defined Radio 4. Wireless networks 5. Transmission path a. Radio link b. Antennas 6. Performance data of a receiver a. Noise b. Nonlinearities c. Dynamic range of a receiver 7. Digital Down Converter a. CIC filter b. Polyphase FIR filter c. Halfband filter cascade d. Interpolation 8. Demodulation of digital modulated signals a. Introduction b. Demodulation of a GFSK/PAM packet transmission The module Communication Electronics deals with aspects of circuitry and signal processing of wireless communication systems, built up as so-called "Software Defined Radio systems. A receiver of a simple telemetry system serves as an example, being examined starting from its antenna to the user data output. The focus lies on the structure and the characteristic of the receivers hardware as well as the algorithms for the reception of telemetry signals. A typical system is implemented using a miniaturized receiver and processing with the MATLAB-compatible Octave math program. The required software is provided to the students.
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden verstehen die grundlegende Funktionsweise eines Software Defined Radio (SDR) Systems, d.h. sie verstehen die Funktionsweise der einzelnen Signalverarbeitungsschritte sowie die auftretenden Signale selbst. 2. Die Studierenden analysieren die Leistungsfähigkeit der analogen Komponenten eines SDR Systems und können Verfahren zur Optimierung dieser Komponenten selbständig anwenden.

		3. Die Studierenden analysieren die digitalen Verarbeitungsschritte ausgewählter Modulationsarten und können damit selbst die digitale Signalverarbeitung eines SDR Senders und Empfängers erschaffen. 1. The students will understand the basic operation of a Software Defined Radio (SDR) system, i.e. the students will understand how the individual signal processing steps work as well as the signals themselves. 2. The students analyze the performance of the analog components of an SDR system and are able to apply procedures for optimizing these components independently. 3. The students analyse the digital processing steps of selected modulation types and are able to create the digital signal processing of an SDR transmitter and receiver themselves.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse im Bereich digitaler Signalverarbeitung werden vorausgesetzt
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Skriptum zur Veranstaltung im StudON verfügbar: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_117973

1	Module name 93500	Digitale Signalverarbeitung Digital signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Heinrich Löllmann	
5	Contents	• A/D and D/A conversion • ◦ Time-domain and z-domain representations ◦ Signal flow graphs ◦ Analytic computation of the frequency response ◦ Special systems (allpass, minimum phase, and linear phase systems) • Design of recursive and non-recursive filters • Multirate systems and filter banks • Frequency-domain signal analysis • Effects of finite wordlength	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • analysieren zeitdiskrete lineare zeitinvariante Systeme durch Ermittlung der beschreibenden Funktionen und Parameter • wenden grundlegende Verfahren zum Entwurf zeitdiskreter Systeme an und evaluieren deren Leistungsfähigkeit • verstehen die Unterschiede verschiedener Methoden zur Spektralanalyse und können damit vorgegebene Signale analysieren • verstehen die Beschreibungsmethoden von Multiraten-Systemen und wenden diese zur Beschreibung von Filterbänken an • kennen elementare Methoden zur Analyse von Effekten endlicher Wortlängen und wenden diese auf zeitdiskrete lineare zeitinvariante Systeme an.	
7	Prerequisites	Der Kurs setzt Kenntnisse der grundlegenden Theorie der zeitdiskreten deterministischen Signale voraus wie sie in Vorlesungen wie Signale und Systeme II vermittelt werden.	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer. Für diese Prüfung sind folgende Hilfsmittel erlaubt: eine handschriftliche Formelsammlung im Umfang eines zweiseitigen DIN-A4-Blattes und ein nicht programmierbarer Taschenrechner. Die Antworten können entweder auf Englisch oder auf Deutsch gegeben werden.	

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• A.V. Oppenheim and R. W. Schaffer: Discrete-Time Signal Processing, Prentice Hall • J.G. Proakis and D.G. Manolakis: Digital Signal Processing, Prentice Hall

1	Module name 93510	Digitale Übertragung Digital communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Digitalen Übertragung - Übungen (1 SWS) Vorlesung: Digitale Übertragung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Bastian Heinlein Prof. Dr.-Ing. Robert Schober	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Prof. Dr.-Ing. Robert Schober Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	Contents	Alle modernen Kommunikationssysteme basieren auf digitalen Übertragungsverfahren. Das Modul befasst sich mit den Grundlagen der Analyse und des Entwurfs digitaler Sender und Empfänger. Dabei wird zunächst von einem einfachen Kanalmodell bei dem das Empfangssignal nur durch additives weißes Gaußsches Rauschen gestört wird ausgegangen. Im Verlauf werden aber auch Kanäle mit unbekannter Phase sowie verzerrende Kanäle betrachtet. Behandelt werden unter anderem digitale Modulationsverfahren (z.B. Pulsamplitudenmodulation (PAM), digitale Frequenzmodulation (FSK), und Kontinuierliche-Phasenmodulation (CPM)), Orthogonalkonstellationen, das Nyquistkriterium in Zeit- und Frequenzbereich, optimale kohärente und inkohärente Detektions- und Decodierungsverfahren, die Signalraumdarstellung digital modulierter Signale, verschiedene Entzerrungsverfahren, und Mehrträger-Übertragungsverfahren.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - analysieren und klassifizieren digitale Modulationsverfahren hinsichtlich ihrer Leistungs- und Bandbreiteneffizienz sowie ihres Spitzenwertfaktors, - ermitteln notwendige Kriterien für impulsinterferenzfreie Übertragung, - charakterisieren digitale Modulationsverfahren im Signalraum, - ermitteln informationsverlustfreie Demodulationsverfahren, - entwerfen optimale kohärente und inkohärente Detektions- und Decodierungsverfahren, - vergleichen verschiedene Entzerrungsverfahren hinsichtlich deren Leistungsfähigkeit und Komplexität, - entwerfen einfache digitale Übertragungssysteme mit vorgeschriebenen Leistungs- und Bandbreiteneffizienzen sowie Spitzenwertfaktoren.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 93601	Information Theory and Coding / Informationstheorie und Codierung Information theory and coding	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Informationstheorie und Codierung - Übung (1 SWS) Vorlesung: Informationstheorie und Codierung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Johanna Fröhlich Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	1. Introduction: binomial distribution, (7,4)-Hamming code, parity-check matrix, generator matrix 2. Probability, entropy, and inference: entropy, conditional probability, Bayes law, likelihood, Jensens inequality 3. Inference: inverse probability, statistical inference 4. The source coding theorem: information content, typical sequences, Chebychev inequality, law of large numbers 5. Symbol codes: unique decidability, expected codeword length, prefix-free codes, Kraft inequality, Huffman coding 6. Stream codes: arithmetic coding, Lempel-Ziv coding, Burrows-Wheeler transform 7. Dependent random variables: mutual information, data processing lemma 8. Communication over a noisy channel: discrete memory-less channel, channel coding theorem, channel capacity 9. The noisy-channel coding theorem: jointly-typical sequences, proof of the channel coding theorem, proof of converse, symmetric channels 10. Error-correcting codes and real channels: AWGN channel, multivariate Gaussian pdf, capacity of AWGN channel 11. Binary codes: minimum distance, perfect codes, why perfect codes are bad, why distance isnt everything 12. Message passing: distributed counting, path counting, low-cost path, min-sum (=Viterbi) algorithm 13. Exact marginalization in graphs: factor graphs, sum-product algorithm 14. Low-density parity-check codes: density evolution, check node degree, regular vs. irregular codes, girth 15. Lossy source coding: transform coding and JPEG compression -- 1. Einleitung: Binomialverteilung, (7,4)-Hamming-Code, Paritätsmatrix, Generatormatrix 2. Wahrscheinlichkeit, Entropie und Inferenz: Entropie, bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayessches Gesetz, Likelihood, Jensensche Ungleichung 3. Inferenz: Inverse Wahrscheinlichkeit, statistische Inferenz 4. Das Quellencodierungstheorem: Informationsgehalt, typische Folgen, Tschebyschevsche Ungleichung, Gesetz der großen Zahlen

		5. Symbolcodes: eindeutige Dekodierbarkeit, mittlere Codewortlänge, präfixfreie Codes, Kraftsche Ungleichung, Huffman-codierung 6. Stromcodes: arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Codierung, Burrows-Wheeler-Transformation 7. Abhängige Zufallsvariablen: Transinformation, Datenverarbeitungslemma 8. Kommunikation über gestörte Kanäle: diskreter gedächtnisloser Kanal, Kanalcodierungstheorem, Kanalkapazität 9. Das Kanalcodierungstheorem: verbundtypische Folgen, Beweis des Kanalcodierungstheorems, Beweis des Umkehrsatzes, symmetrische Kanäle 10. Fehlerkorrigierende Codes und reale Kanäle: AWGN-Kanal, mehrdimensionale Gaußsche WDF, Kapazität des AWGN-Kanals 11. Binäre Codes: Minimaldistanz, perfekte Codes, Warum perfekte Codes schlecht sind, Warum Distanz nicht alles ist 12. Nachrichtenaustausch: verteiltes Zählen, Pfadzählen, günstigster Pfad, Minimumsummenalgorithmus 13. Exakte Marginalisierung in Graphen: Faktorgraph, Summenproduktalgorithmus 14. LDPC-Codes: Dichteevolution, Knotenordnung, reguläre und irreguläre Codes, Graphumfang 15. Verlustbehaftete Quellencodierung: Transformationscodierung und JPEG-Kompression
6	Learning objectives and skills	The students apply Bayesian inference to problems in both communications and everyday's life. The students explain the concept of digital communications by means of source compression and forward-error correction coding. For the design of communication systems, they use the concepts of entropy and channel capacity. They calculate these quantities for memoryless sources and channels. The students prove both the source coding and the channel coding theorem. The students compare various methods of source coding with respect to compression rate and complexity. The students apply source compression methods to measure mutual information. The students factorize multivariate functions, represent them by graphs, and marginalize them with respect to various variables. The students explain the design of error-correcting codes and the role of minimum distance. They decode error-correcting codes by means of maximum-likelihood decoding and message passing. The students apply distributed algorithms to problems in both communications and everyday's life. The students improve the properties of low-density parity-check codes by widening the girth and/or irregularity in the degree distribution. The students transform source images into the frequency domain to improve lossy compression. --

		Die Studierenden wenden Bayessche Inferenz auf Probleme in der Nachrichtentechnik und im Alltagsleben an. Die Studierenden erklären die konzeptuelle Trennung von digitaler Übertragung in Quellen- und Kanalcodierung. Kommunikationssysteme entwerfen sie unter Betrachtung von Entropie und Kanalkapazität. Sie berechnen diese Größen für gedächtnislose Quellen und Kanäle. Die Studierenden beweisen sowohl das Quellen- als auch das Kanalcodierungstheorem. Die Studierenden vergleichen verschiedenartige Quellencodierungsverfahren hinsichtlich Komplexität und Kompressionsrate. Die Studierenden verwenden Quellencodiervverfahren zur Messung von Transinformation. Die Studierenden faktorisieren Funktionen mehrerer Veränderlicher, stellen diese als Graph dar und marginalisieren sie bezüglich mehrerer Veränderlicher. Die Studierenden erklären den Entwurf von Kanalcodes und den Einfluss der Minimaldistanz. Sie decodieren Kanalcodes gemäß maximaler Likelihood und Nachrichtenaustausch. Die Studierenden wenden verteilte Algorithmen auf Probleme der Nachrichtentechnik und des Alltagslebens an. Die Studierenden verbessern die Eigenschaften von LDPC-Codes durch Erhöhung des Umfangs und/oder durch irreguläre Knotenordnungsverteilungen. Die Studierenden transformieren Bildquellen zur Verbesserung verlustbehafteter Kompression in den Frequenzbereich.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	MacKay, D.: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

1	Module name 96310	Image and Video Compression Image and video compression	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Image and Video Compression (IVC) (4 SWS) Übung: Übung zu Image and Video Compression	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup Anna Meyer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	Multi-Dimensional Sampling - Sampling theorem revisited, 2D sampling, spatiotemporal sampling, motion in 3D sampling Entropy and Lossless Coding - Entropy and information, variable length codes, Huffman coding, unary coding, Golomb coding, arithmetic coding Statistical Dependency - Joint entropy and statistical dependency, run-length coding, fax compression standards Quantization - Rate distortion theory, scalar quantization, Lloyd-Max quantization, entropy coded scalar quantization, embedded quantization, adaptive quantization, vector quantization Predictive Coding - Lossless predictive coding, optimum 2D linear prediction, JPEG-LS lossless compression standard, differential pulse code modulation (DPCM) Transform Coding - Principle of transform coding, orthonormal transforms, Karhunen-Loève transform, discrete cosine transform, bit allocation, compression artifacts Subband Coding - Principle of subband coding, perfect reconstruction property, discrete wavelet transform, bit allocation for subband coding Visual Perception and Color - Anatomy of the human eye, sensitivity of the human eye, color spaces, color sampling formats Image Coding Standards - JPEG and JPEG2000 Interframe Coding - Interframe prediction, motion compensated prediction, motion estimation, motion compensated hybrid coding Video Coding Standards - H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2 / H.262, H.264 / MPEG-4 AVC, H.265 / MPEG-H HEVC
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden veranschaulichen die mehrdimensionale Abtastung und den Einfluss darauf durch Bewegung im Videosignal

		• unterscheiden und bewerten verschiedene Verfahren zur verlustfreien Codierung von Bild- und Videodaten • verstehen und analysieren Verbundentropie und statistische Abhängigkeiten in Bild- und Videodaten • berechnen skalare und vektorielle Quantisierer nach unterschiedlichen Optimierungsvorgaben (minimaler mittlerer quadratischer Fehler, entropiecodiert, eingebetteter Quantisierer) • bestimmen und evaluieren optimale ein- und zwei-dimensionale lineare Prädiktoren • wenden Prädiktion und Quantisierung sinnvoll in einem gemeinsamen DPCM-System an • verstehen das Prinzip und die Effekte von Transformations- und Teilbandcodierung für Bilddaten einschließlich optimaler Bitzuteilungen • beschreiben die Grundzüge der menschlichen visuellen Wahrnehmung für Helligkeit und Farbe • analysieren Blockschaltbilder und Wirkungsweisen hybrider Coder und Decoder für Videosignale • kennen die maßgeblichen internationalen Standards aus ITU und MPEG zur Bild- und Videokompression. The students • visualize multi-dimensional sampling and the influence of motion within the video signal • differentiate and evaluate different methods for lossless image and video coding • understand and analyze mutual entropy and statistical dependencies in image and video data • determine scalar and vector quantization for different optimization criteria (minimum mean square error, entropy coding, embedded quantization) • determine and evaluate optimal one-dimensional and two-dimensional linear predictor • apply prediction and quantization for a common DPCM system • understand the principle and effects of transform and subband coding for image data including optimal bit allocation • describe the principles of the human visual system for brightness and color • analyze block diagrams and the functioning of hybrid coders and decoders for video signals • know the prevailing international standards of ITU and MPEG for image and video compression.
7	Prerequisites	Modul Signale und Systeme II" und das Modul Nachrichtentechnische Systeme" dringend empfohlen
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer

11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	J.-R. Ohm: Multimedia Communications Technology, Springer-Verlag, 2004

1	Module name 96430	Statistical Signal Processing Statistical signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Heinrich Löllmann
5	Contents	Der Kurs beinhaltet die grundlegenden Methoden der statistischen Signalverarbeitung und deren Anwendungen. The Hauptthemen sind: • ◦ Zufallsvariablen (ZVn), Wahrscheinlichkeitsverteilungen und dichten, Erwartungswerte; Transformation von ZVn; Vektoren normalverteilter ZVn; zeitdiskrete Zufallsprozesse (ZPe): Wahrscheinlichkeitsverteilungen und dichten, Erwartungswerte, Stationarität, Zyklstationarität, Ergodizität, Korrelationsfunktionen und -matrizen, Spektraldarstellungen; Principal Component Analysis, Karhunen-Loeve Transformation; • ◦ Schätzkriterien; Prädiktion; klassische und Bayessche Parameterschätzung (inkl. MMSE, Maximum Likelihood, Maximum A Posteriori); Cramer-Rao-Schranke • ◦ Parametrische Modelle (Cepstrale Zerlegung, Paley-Wiener Theorem, Spektrale Glattheit); Nichtparametrische Modelle: Allpole-/Allzero-/Pole-zero-(AR/MA/ARMA) Modelle; Lattice-Strukturen, Yule-Walker Gleichungen, PARCOR-Koeffizienten, Cepstraldarstellungen; • ◦ Überwachte Signalschätzung, Problemklassen; Orthogonalitätsprinzip, MMSE-Schätzung, lineare MMSE-Schätzung für Gaußprozesse; Optimale FIR-Filter; Lineare Optimalfilter für stationäre Prozesse; Prädiktion und Glättung; Kalman-Filter; optimale Multikanalfilterung (Wiener-Filter, LCMV, MVDR, GSC); • ◦ Gradientenverfahren; LMS-, NLMS-, APA- und RLS-Algorithmus und Ihr Konvergenzverhalten.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • analysieren die statistischen Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und stochastischen Prozessen mittels Wahrscheinlichkeitsdichten und Erwartungswerten, bzw. Korrelationsfunktionen, Korrelationsmatrizen und deren Frequenzbereichsdarstellungen • kennen die spezielle Rolle der Gaußverteilung und ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und Prozessen

		• verstehen die Unterschiede klassischer und Bayesscher Schätzung, entwerfen und analysieren MMSE- und ML-Schätzer für spezielle Schätzprobleme, insbesondere zur Signalschätzung • analysieren und evaluieren lineare MMSE-optimale Schätzer (ein- und vielkanalige Wiener-Filter und Kalman-Filter) für direkte und inverse überwachte Schätzprobleme; • evaluieren adaptive Filter zur Identifikation optimaler linearer Signalschätzer
7	Prerequisites	Module Signale und Systeme I und Signale und Systeme II, Digitale Signalverarbeitung oder gleichwertige
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Schriftliche Klausur von 90min Dauer.
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	A. Papoulis, S. Pillai: Probability, Random Variables and Stochastic Processes; McGraw-Hill, 2002 (englisch) D. Manolakis, V. Ingle, S. Kogon: Statistical and Adaptive Signal Processing; Artech House, 2005 (englisch)

1	Module name 96300	MIMO Communication Systems MIMO communication systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: MIMO Communication Systems (3 SWS) Übung: MIMO Communication Systems - Tutorial (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Hedieh Ajam Prof. Dr.-Ing. Robert Schober Pouya Fakhrazadeh	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober
5	Contents	Modern communication systems employ multiple antennas at the transmitter and/or receiver creating a multiple-input multiple-output (MIMO) system. This course covers the fundamental mathematical and communication theoretical concepts necessary for the design and analysis of MIMO communication systems. Relevant topics include MIMO Channel Capacity, Receive Diversity, Transmit Diversity, Space-Time Coding, Spatial Multiplexing, MIMO Transceiver Design, Multi-user MIMO, Massive MIMO, Relay-based MIMO, and applications in modern communication systems.
6	Learning objectives and skills	The students • learn about different MIMO channel models, • analyze MIMO communication systems with respect to their channel capacity and reliability, • determine MIMO figures of merit such as coding gain, diversity gain, and multiplexing gain, • compare and evaluate different MIMO receiver designs, • characterize the rate region of multiuser systems, • analyze massive MIMO systems, • discuss the advantages and disadvantages of different relay network architectures. Die Studierenden • lernen verschiedene MIMO-Kanalmodelle kennen, • analysieren MIMO-Kommunikationssysteme hinsichtlich der Kanalkapazität und Zuverlässigkeit, • ermitteln MIMO-Kenngrößen wie Codierungsgewinn, Diversitätsgewinn und Multiplexgewinn, • vergleichen und beurteilen verschiedene MIMO-Empfangsstrategien, • charakterisieren die Ratenregion von Mehrteilnehmersystemen, • analysieren Massive-MIMO-Systeme, • diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Relaisnetzwerkarchitekturen.
7	Prerequisites	Basic course in communications
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes)

		Written exam (Klausur), 90 minutes.
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 454183	Molecular Communications Molecular communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober
5	Contents	Conventional communication systems employ electromagnetic waves for information transmission. This approach is suitable for typical macroscopic applications such as mobile communication. However, newly emerging applications in biology, nanotechnology, and medicine require communication between so-called nano-machines (e.g. nano-robots and nano-sensors) with sizes on the order of nano- and micro-meter. For such device sizes electromagnetic waves cannot be used for efficient information transmission. Instead Molecular Communication, an approach that is also widely used in natural biological systems, has to be applied. In Molecular Communication, transmitter and receiver communicate by exchanging information-carrying molecules. The design of molecular communication systems requires a basic understanding of relevant biological processes and systems as well as their communication-theoretical modelling and analysis. The course is structured as follows: 1) Introduction to Molecular Communication; 2) Biological Nano-Machines; 3) Molecular Communication in Biological Systems; 4) Synthetic Molecular Communication Systems; 5) Mathematical Modelling and Simulation; 6) Communication and Information Theory for Molecular Communication; 7) Design of Molecular Communication Systems; 8) Applications for Molecular Communication Systems.
6	Learning objectives and skills	The students are able to design synthetic molecular communication systems. They can explain natural communication processes in biological systems and how to harness these natural processes for the construction of man-made molecular communication systems. The students can also analyse, model, and simulate molecular communication systems.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral The examination is a 30-minute oral exam. The examination language is English.
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 43141	Mobile Communications Mobile communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Mobile Communications - Tutorial (1 SWS) Vorlesung: Mobile Communications (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Levi-Pascal Bohnacker Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	History of mobile communications, cellular systems, sectorization, spectral efficiency, co-channel interference, adjacent-channel interference, near-far effect, cellular network architecture, antenna types and parameters, free space propagation, reflection, attenuation, diffraction, scattering, classification of channel models, ground reflection model, Okumura-Hata model, shadowing, narrow-band fading, time-variant channels, scattering function, delay-Doppler spectrum, diversity principles, combining methods, diversity gain, multiplexing, duplexing, digital modulation, Gaussian filtered minimum shift keying, basics of channel coding, interleaving, global system for mobile communications, physical versus logical channels, frame structure, call set-up, synchronization, channel estimation, hand-off
6	Learning objectives and skills	The students explain the cellular structure of mobile communication systems. They students explain the physical mechanics of radio wave propagation in the cm-band. The students explain the GSM cellular communications standard. The students discuss the pros and cons of several multiple-access and duplexing methods. The students discuss the pros and cons of several modulation and coding formats. The students decide which antenna type is suitable for a given morphological structure of the environment. The students predict the amplitude and dynamic of the attenuation between a mobile transmitter and a fixed receiver. The students utilize diversity methods to improve the link quality. The students determine the coverage probability of a given cellular communication system. The students collaborate on solving exercise problems. The students discuss which system solutions fit to which environments.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 2
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

16	Bibliography	Proakis, J.: Digital Communications, McGraw-Hill, 4th ed., 2001. Rappaport, T.: Wireless Communications: Principles & Practice, Prentice Hall, 2nd ed., 2001. Mouly, M., Paulet, M.: The GSM System for Mobile Communications, Cell & SYS, France, 1992. Goldsmith, A.: Wireless Communications, Cambridge Univ. Press, 2005.

1	Module name 639119	Music Processing Analysis - Lecture and Exercise Music processing analysis - Lecture and exercise	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Meinard Müller
5	Contents	Music signals possess specific acoustic and structural characteristics that are not shared by spoken language or audio signals from other domains. In fact, many music analysis tasks only become feasible by exploiting suitable music-specific assumptions. In this course, we study feature design principles that have been applied to music signals to account for the music-specific aspects. In particular, we discuss various musically expressive feature representations that refer to musical dimensions such as harmony, rhythm, timbre, or melody. Furthermore, we highlight the practical and musical relevance of these feature representations in the context of current music analysis and retrieval tasks. Here, our general goal is to show how the development of music-specific signal processing techniques is of fundamental importance for tackling otherwise infeasible music analysis problems.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen - Die Studierenden stellen zentrale Aufgabenstellungen der Musikverarbeitung in eigenen Worten dar und skizzieren Lösungsansätze. - Die Studierenden verstehen die Eigenschaften von unterschiedlichen Darstellungsformen von Musik. - Die Studierenden interpretieren Signaleigenschaften anhand von Visualisierungen (Exercise). Anwenden - Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen zur Analyse und zum Vergleich von Musiksignalen an. - Die Studierenden können voraussagen, wie sich unterschiedliche musikalische Eigenschaften bei der Signalanalyse auswirken. - Die Studierenden implementieren Algorithmen zur Analyse, zum Vergleich und zur inhaltsbasierten Suche von Musiksignalen (Exercise). Analysieren - Die Studierenden beobachten und diskutieren die Bedeutung und Auswirkung von Parametern bei der Musikanalyse. - Die Studierenden stellen unterschiedliche Verfahren bei der Analyse von Periodizitäten gegenüber. - Die Studierenden analysieren und erforschen Eigenschaften von Musiksignalen mittels automatisierter Methoden (Exercise).

		- Die Studierenden klassifizieren und strukturieren Musikdaten mittels Lernverfahren (Exercise). Evaluieren (Beurteilen) - Die Studierenden hinterfragen Annahmen, die implizit bei der Verwendung von Analysemethoden gemacht werden. - Die Studierenden schätzen ein, wann Methoden bei der Analyse von gewissen Musiksensignalen funktionieren könnten und wann sie typischerweise versagen. - Die Studierenden evaluieren automatisierte Methoden mittels geeigneter Evaluationsmaße unter Verwendung von manuell erstellten Annotationen (Exercise). Erschaffen - Die Studierenden bereiten sich auf die Vorlesung anhand ausgewählter Literatur vor. - Die Studierenden hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis. - Die Studierenden beachten Fragen der Effizienz bei den diskutierten Algorithmen. - Die Studierenden entwickeln praktische Lösungswege für Problem in der Musikverarbeitung (Exercise) - Die Studierenden hinterfragen ihr Verständnis von dem Gelernten anhand von Übungsaufgaben. - Die Studierenden formulieren Fragen und stellen diese in der Vorlesung an den Dozenten und die Zuhörerschaft. - Die Studierenden nutzen Verbesserungshinweise des Betreuers und der Tutoren zur Verbesserung ihrer Lernstrategien (Exercise). - Die Studierenden organisieren selbständig Lerngruppen, in denen der Stoff diskutiert und vertieft wird. - Die Studierenden simulieren mit ihren Kommilitonen mündliche Prüfungen. - Die Studierenden entwickeln und implementieren Software im Team (Exercise). - Die Studierenden geben Kommilitonen im Rahmen ihrer Zusammenarbeit wertschätzendes Feedback (Exercise).
7	Prerequisites	In this course, we discuss a number of current research problems in music processing or music information retrieval (MIR) covering aspects from information science and digital signal processing. We provide the necessary background information and give numerous motivating examples so that no specialized knowledge is required. However, the students should have a solid mathematical background. The lecture is accompanied by readings from textbooks or the research literature. Furthermore, the students are required to experiment with the presented algorithms using Python.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211

		Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes) Die Prüfung ist eine mündliche Prüfung mit einer Dauer von 30 Minuten. / The form of examination is an oral exam of 30 minutes.
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Meinard Müller Fundamentals of Music Processing Using Python and Jupyter Notebooks 2nd edition, 495 p., hardcover ISBN: 978-3-030-69807-2 Springer, 2021 http://www.music-processing.de/ https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP

1	Module name 42800	Advanced Topics in Deep Learning Advanced topics in deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Topics in Deep Learning (4 SWS) Übung: Supplements for Advanced Topics in Deep Learning	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Vasileios Belagiannis Marc Hölle	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Vasileios Belagiannis
5	Contents	The students will learn advanced deep learning topics, including recent network architectures, generative models, self-supervision, interpretability and explainability. In the exercises, the students will implement advanced models and techniques for classification or regression tasks. The lecture topics include: • Geometric deep learning • Attention and transformers • Unsupervised and self-supervised learning • Generative models • Interpretability • Explainability • Efficient Inference • Uncertainty estimation • Transfer learning and domain adaptation • Few-shot learning Die Studierenden lernen erweiterte Themen des Deep Learning kennen, darunter aktuelle Netzwerkarchitekturen, generative Modelle, Selbst-Überwachung, Interpretierbarkeit und Erklärbarkeit. In den Übungen werden die Studierenden fortgeschrittene Modelle und Techniken für Klassifizierungs- oder Regressionsaufgaben implementieren. Zu den Vorlesungsthemen gehören: • Geometric deep learning • Attention and transformers • Unsupervised and self-supervised learning • Generative models • Interpretability • Explainability • Efficient Inference • Uncertainty estimation • Transfer learning and domain adaptation • Few-shot learning
6	Learning objectives and skills	The students will learn: • State-of-the-art topics in Deep Learning • Recent Neural network architectures • Generative modelling • Lifelong learning approaches

		• Robustness and reliability in Deep Learning. Die Studierenden lernen: • Neueste Themen im Bereich Deep Learning • Neueste Architekturen neuronaler Netze • Generative Modellierung • Lifelong learning • Robustheit und Zuverlässigkeit beim Deep Learning.
7	Prerequisites	Basic knowledge of machine learning, deep learning, and programming. Grundkenntnisse in Machine Learning, Deep Learning und Programmierung
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written exam of 90 min duration Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). Deep learning. • Deisenroth, M. P., Faisal, A. A., & Ong, C. S. (2020). Mathematics for machine learning. Cambridge University Press. • Molnar, C. (2020). Interpretable machine learning. Lulu. com.

Microelectronics

1	Module name 92513	Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (HLT I) Semiconductor technology I - Integrated circuit technology (HLT I)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	Contents	In diesem Modul werden die wesentlichen Technologieschritte zur Herstellung elektronischer Halbleiterbauelemente und integrierter Schaltungen behandelt. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden Anwenden • beschreiben die Technologieschritte und notwendigen Prozessgeräte • erklären die physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Herstellung von Integrierten Schaltungen Evaluieren (Beurteilen) • ermitteln en Einfluss von Prozessparametern und können Vorhersagen für Einzelprozesse ableiten • sind in der Lage, verschiedene Herstellungsschritte hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bzgl. der hergestellten Schichten, Strukturen oder Bauelemente zu beurteilen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Kenntnisse aus dem Bereich Halbleiterbauelemente (Pflichtveranstaltung im Bachelorstudiengang EEI und Mechatronik)

12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• S. M. Sze: VLSI - Technology, MacGraw-Hill, 1988 • C. Y. Chang, S. M. Sze: ULSI - Technology, MacGraw-Hill, 1996 • D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer Verlag, 2000 • Hong Xiao: Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, Prentice Hall, 2001

1	Module name 92521	Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (HL I) Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (2 SWS) Vorlesung: Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Jannik Schwarberg Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	Contents	• Beschreibung eines p-n-Übergangs im thermodynamischen Gleichgewicht (Raumladungszonen, Poisson-Gleichung, Depletion-Näherung und Built-in-Spannung), • 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), • 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-Tunnel diode, Esaki-Tunnel diode, Shockley-Diode, DIAC (Diode for Alternating Current), • Aufbau und Funktionsweise von Bipolar- und Heterobipolartransistoren: Ideales und reales Verhalten und Hochfrequenzbetrieb, • Thyristor und lichtgezündeter Thyristor, TRIAC (Triode for Alternating Current). 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.
6	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	Kenntnisse aus den Vorlesungen Halbleiterbauelemente und HLT I - Technologie Integrierter Schaltungen von Vorteil
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Schaumburg: Halbleiter, Teubner Verlag, 1991 • Löcherer: Halbleiterbauelemente, Teubner Verlag, 1992 • Thuselt: Physik der Halbleiterbauelemente, Springer Verlag, 2005 • Sze: Physics of Semiconductor Devices, John Wiley & Sons, 1981 • Roulsten: An Introduction to the Phys. of Sem. Devices, Oxford Univ. Press, 1999 • Chang: ULSI Devices, John Wiley & Sons, 2000

1	Module name 92590	Halbleiterbauelemente Semiconductor devices	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen • verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter • interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen Anwenden • beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente • berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente • übertragen - ausgehend von den wichtigsten Bauelementen, wie Dioden, Bipolartransistoren und Feldeffekttransistoren - diese Funktionsprinzipien auf Weiterentwicklungen für spezielle Anwendungsgebiete wie Leistungselektronik oder Optoelektronik Analysieren • diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur
7	Prerequisites	Empfohlen: Grundlagen der Elektrotechnik I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript, am LEB erhältlich • R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002 • D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002 • Th. Tille, D. Schmitt-Landsiedel: Mikroelektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2004 • S.K. Banerjee, B.G. Streetman: Solid State Electronic Devices, Prentice Hall, 2005

1	Module name 92660	Schaltungstechnik Circuit technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Sascha Breun Manuel Koch Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET • Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten • Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler • Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen • Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen
6	Learning objectives and skills	• 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. • Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen. • Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren. • Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

1	Module name 96090	Digitale elektronische Systeme Digital electronic systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Digitale elektronische Systeme (3 SWS) Übung: Übungen zu Digitale elektronische Systeme (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Albert-Marcel Schrotz Torsten Reißland Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Analog-Digital-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen • Digital-Analog-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen • Programmierbare Logikschaltungen (PLD, FPGA): Grundlegende Konzepte, Kategorien, Hardwarearchitekturen • Digitale-Filter: Theorie, Eigenschaften, Entwicklung und Implementierung und IIR und FIR Filtern
6	Learning objectives and skills	• 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 • 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 • Die Studierenden können die Einflüsse von nichtidealen Bauelementen auf digitale elektronische Systeme analysieren • Die Studierenden verstehen die Funktion, die Eigenschaften, die Entwicklungsmethodik sowie die Implementierung von digitalen Filtern und könne diese erläutern
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

1	Module name 96180	Entwurf und Analyse von Schaltungen für hohe Datenraten Design and characterisation of high speed digital circuits	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Entwurf und Analyse von Schaltungen für hohe Datenraten Übung (2 SWS) Vorlesung: Entwurf und Analyse von Schaltungen für hohe Datenraten (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich Dr.-Ing. Gerald Gold	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	Contents	Motivation Beim Entwurf von Schaltungen für hohe Datenraten oder hohe Frequenzen auf Leiterplattebene, aber auch in integrierten Schaltungen, kann man schaltungstechnisch alles richtig machen - aber die Schaltung funktioniert trotzdem nicht recht! Häufiger Grund ist mangelnde Signalintegrität: Signaleigenschaften werden beim Durchlaufen der Signalfade unzulässig beeinträchtigt. Gliederung Die Veranstaltung behandelt Aspekte des Schaltungsentwurfs, die entscheidend sind für die Erzielung funktionsnotwendiger Signalqualität auf Schnittstellen und Verbindungselementen. Nach Einführung der notwendigen theoretischen Grundlagen werden diese auf konkrete Fragestellungen unter gegenwärtigen technologischen Randbedingungen angewendet. Signalfade und Leistungsversorgung werden unter Gesichtspunkten der Signalintegrität analysiert und Entwurfsregeln abgeleitet. Meß-, Charakterisierungs- und Prüfverfahren werden erläutert und geeignete Modelle für Simulationen untersucht. 1 Signaleigenschaften Begriffe und Definitionen, Kenngrößen eines Datensignals, Flankenübergangszeit und Bandbreite, Leistungsdichtespektrum eines Datensignals, Jitter: Maße und Komponenten, Augendiagramm, Bitfehlerrate und die Badewannenkurve" 2 Signalquellen und Lasten Impedanz und Leistungsübertragung, Zeitmittelwerte 3 Leitungen: Eigenschaften Begriffe, Leitungsmodell für Zweileiteranordnung, Ausbreitungskoeffizient und Leitungswellenwiderstand, Frequenzabhängigkeiten von Dämpfungsbelag, Phasenlaufzeitbelag und Wellenwiderstand 4 Leitungen und Signalintegrität Auswirkung der Frequenzabhängigkeiten auf Form von Datensignalen, Reflexion und ihre Auswirkung auf Datensignale, Signallaufdiagramm bei Verzweigungen, Entwurf von Verzweigungen ohne Signalbeeinträchtigung, Analyse von Signalfaden: Reflektometrie im Zeit- und Frequenzbereich, Systemstruktur und Systemantwort,

		Signaturen verschiedener Störstellen im Wellenwiderstandsprofil und ihre Auswirkung im Augendiagramm 5 Leitungen: Material und Oberfläche Charakteristika von Dielektrika und Leitern, Leitungsquerschnitte in Kabeln, Leiterplatten und integrierten Schaltungen, relative Permittivität und Verlustmechanismen, Messung dielektrischer Eigenschaften, scheinbare" relative Permittivität und Entwurfsperspektiven, Einfluß der Rauigkeit von Leiteroberflächen 6 Leiterplatten Leiterplatten als Schaltungsbestandteil, Aufbau und Herstellung von Mehrlagen-Leiterplatten, Durchkontaktierungen und ihre Auswirkungen auf Signalintegrität, Varianten für hohe Frequenzen und Datenraten, Materialien und Eigenschaften, Inhomogenität und Anisotropie, Herausforderungen bei Leiterplatten für hohe Datenraten 7 Integrierte Schaltungen Gattereigenschaften: Schaltleistung und Schaltzeiten, Auswirkung der Schaltzeit auf Signalintegrität, Leitungen in integrierten Schaltungen, Laufzeitverhalten, Fehlermodelle bei hohen Datenraten, IC-Gehäuse und ihre Auswirkungen auf Signalintegrität 8 Leistungsversorgung Signalintegrität und Versorgungsspannung: Zeitverlauf des Leistungsbedarfs synchroner Schaltungen, Lastwechselreaktion Simultaneous Switching Noise": Modell und quantitative Behandlung, Entwurf von Entkopplungsnetzwerken
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden arbeiten an den folgenden Fachkompetenzen Fachkompetenz Wissen • wesentliche Kenngrößen eines Datensignals nennen • Begriff "Jitter" abgrenzen • Jitterkomponenten erläutern • wesentliche Leiterplattenmaterialklassen und deren relevante Kenngrößen nennen Verstehen • Augendiagramm und "Badewannenkurve" interpretieren und beurteilen • Zweileiter-Leitungsmodell erläutern und zugehörige Begriffe definieren • Reflexion an Störstellen qualitativ und quantitativ beschreiben • relevante Materialeigenschaften von Dielektrika und Leitern angeben und erklären und Meßverfahren dafür beschreiben • Aufbau und Herstellung von Mehrlagen-Leiterplatten beschreiben Anwenden • Flankenübergangszeit und Bandbreite ineinander umrechnen • Entwurfsregeln für Signalintegrität anwenden • Flankenübergangszeit und Signalpfadbandbreite für Datenrate geeignet auslegen Analysieren

		• Frequenzabhängigkeiten von Leitungsparametern begründen und deren Auswirkung auf Form von Datensignalen diskutieren • Leistungsverhalten von LC- / RC-Leitungen gegenüberstellen Evaluieren (Beurteilen) • Jitterkomponenten anhand der Jitterverteilung ermitteln • verschiedene Ausbildungen von Durchkontaktierungen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf Signalintegrität bewerten • IC-Gehäuse hinsichtlich ihrer Eignung für hohe Datenraten / Frequenzen beurteilen Erschaffen • Signalpfade und Topologien für hohe Datenraten / Frequenzen konzipieren • Entkopplungsnetzwerke gezielt für bestehende Anforderungen entwerfen Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernziele hinsichtlich Lern- und Arbeitsmethoden: • Meß- und Charakterisierungsverfahren zielgerichtet anwenden und Ergebnisse differenziert interpretieren • Belange der Signalintegrität beim Systementwurf erkennen und berücksichtigen Selbstkompetenz Lernziele hinsichtlich persönlicher Weiterentwicklung: (keine) Sozialkompetenz Lernziele hinsichtlich des Umgangs mit Menschen: • Übungsaufgabenstellungen gemeinsam in Kleingruppen lösen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes) Mündliche Prüfung, 30min
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96410	Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik Circuits and Systems of Transmission Techniques	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Victor Shatov Maximilian Lübke Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	
5	Contents	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. Grundlagen: • Funkkanaleigenschaften • Modellierung • Modulation, Codierung, Vielfachzugriff Fahrzeugkommunikationssysteme: • Übertragungssysteme für die Fahrassistenz • Car-to-Car und Car-to-X-Kommunikation • Breitbandige In-Car-Datenübertragung Fahrzeugsensorik: • Fahrzeugortung (lokal und global) • Automobilradar und Umfeldüberwachung • Sensorische Erfassung von Bioparametern im Fahrzeug	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul in der Lage: Funkkanaleigenschaften und Modelle für spezifische Anwendungs- und Betriebsszenarien anzuwenden Modulationstechniken zu erläutern und zu analysieren Moderne Codierungs- und Vielfachzugriffstechniken zu erläutern Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugkommunikationssystemen zu erläutern und zu analysieren Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugsensoriksystemen zu erläutern und zu analysieren	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral • Sommersemester: schriftliche Klausur (90 min); • Wintersemester: mündliche Prüfung (30 min).
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96500	Analoge elektronische Systeme Analogue electronic systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Ouadie Touijer
5	Contents	• Feldeffekttransistor • Verstärker, Leistungsverstärker • Nichtlinearität und Verzerrung • Filtertheorie • Realisierung von Filtern • Intrinsisches Rauschen (Konzepte) • Physikalische Rauschursachen • Rauschparameter • Mischer • Oszillatoren • Phasenregelschleifen (PLLs)
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Analogschaltungen zu erklären • Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren • Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne • Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen • Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten • Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen • Die Studierenden sind in der Lage komplexe Analogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren • Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang • Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96590	Entwurf integrierter Schaltungen I Design of integrated circuits I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	Contents	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. • Digitaler IC Entwurf für Deep Submicron • MOS Transistor • Herstellung, Layout und Simulation • MOS Inverterschaltung • Statische CMOS Gatter-Schaltungen • Entwurf von Logik mit hoher Schaltrate • Transfer-Gatter und dynamische Logik • Entwurf von Speichern • Zusätzliche Themen des Speicherentwurfs Content 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). • Deep Submicron Digital IC Design • MOS Transistor • Fabrication, Layout and Simulation • MOS Inverter Circuits • Static CMOS Gate-Circuits • Design of Logic with High Switching Rate • Transfer-Gates and Dynamic Logic • Design of Memory • Additional Topics of Memory Design
6	Learning objectives and skills	Verstehen • 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 zwischen technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten der Halbleiterfertigung. Evaluieren (Beurteilen) • Die Studierenden analysiert das Verhalten von MOS/CMOS-Transistoren. Daneben können sie verschiedene statische und

		dynamische digitale Schaltungsstrukturen auf Transistorebene bewerten. Learning objectives and competencies: Understand - 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. Evaluate (Assess) - Analyze the behavior of MOS / CMOS transistors and evaluate various static and dynamic digital circuit structures at transistor level.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	

1	Module name 96600	Entwurf Integrierter Schaltungen II Design of integrated circuits II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Entwurf Integrierter Schaltungen II (2 SWS) Vorlesung: Entwurf Integrierter Schaltungen II (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Xingzhou Chen Tobias Rumpel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler	

4	Module coordinator	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	Contents	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. • Einführung • Zielstellung beim Entwurf binärer Systeme • Beschreibungen kombinatorischer Systeme • Darstellung Boolescher Funktionen • Normalformen • Automatenbasierte Komposition • Überdeckungstabelle • Dynamische Operationen • Ableitung nach der Zeit • Schaltungstechnische Realisierung kombinatorischer Systeme • Dynamisches Verhalten von kombinatorischen Schaltungen • Strukturierte Datenanalyse
6	Learning objectives and skills	Anwenden • 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. Erschaffen • Sie Studierenden sind in der Lage den Entwurfsfluss von der Spezifikation bis zum Test von digitalen Schaltungen zu entwickeln.
7	Prerequisites	Digitaltechnik oder Technische Informatik I, o.ä.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Schriftliche Prüfung Dauer: 90 Minuten
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Zander, Logischer Entwurf binärer Systeme VEB Verlag Technik, Berlin 1989

1	Module name 96801	Kommunikationsstrukturen Communication structures	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Jürgen Frickel
5	Contents	Einführung • Information und Kommunikation • Anwendungsgebiete - Kommunikation Strukturen und Eigenschaften von Kommunikationssystemen • Grundlegende Definitionen und Klassifikationen • Grundlegende Strukturen Protokolle und Schnittstellen • Grundlagen • Basis-Verfahren und Beispiele • TCP/IP-Protokol • Referenzmodell nach ISO/OSI • Sicherungsschicht/Data Link Layer (LLC und MAC) • Bitübertragungsschicht/Physical Layer • Übertragungsmedien Hardware in Kommunikationsstrukturen • HW-Architekturen und Funktionsblöcke • Digitale und Analoge Komponenten • Schaltungsdetails von Komponenten Grundlagen von Bussystemen • Klassifikation • Funktionale Eigenschaften • Arbitrierungs-Verfahren Leitungsgebundene Anwendungen für Rechnersysteme • Bus-Applikationen • Baustein-/IC-interne Busse (AMBA, FPI, ConTraBus, .) • Baugruppeninterne Busse (I2C, Chipsätze+Bridges, .) • Busse für Rechensysteme (VME, ISA, PCI, PCIe, AGP, .) • Peripherie-Busse (ATA, IEC, USB, Firewire, Fibre Channel, Thunderbolt .) Leitungsgebundene Anwendungen in Systemen • Feldkommunikation • Automobil, Luftfahrt, Space (CAN, MOST, LIN, MILBus, Spacewire .) • Industrie, Haustechnik (Profibus, EIB, .) • Weitverkehrsnetze • SDH, PDH, ATM,
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt die Konzepte und Verfahren vor allem drahtgebundener Kommunikationssysteme anzuwenden.

		2. Die Studierenden lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Kommunikationsprotokolle zu verstehen, und miteinander zu vergleichen. 3. Desweiteren analysieren und klassifizieren Sie grundlegende Strukturen von leitungsgebundenen Kommunikationssystemen anhand ihrer funktionalen Eigenschaften.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written Klausur, 90min
11	Grading procedure	Written (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96841	Multiphysics Systems and Components Multiphysics systems and components	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Multiphysikalische Systeme und Komponenten (2 SWS) Vorlesung: Multiphysikalische Systeme und Komponenten (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Angelika Thalmayer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Das Modul bietet eine Einführung in die Simulationemethode der Finiten Elemente. Dabei liegt der Schwerpunkt auf multiphysikalischen Systemen, d.h. Systemen, die den Gesetzmäßigkeiten von mindestens zwei gekoppelten physikalischen Domänen unterliegen. Themen der Vorlesung: • Mathematische Grundlagen zu Differentialgleichungen • Überblick über numerische Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen • Finite-Elemente-Methode (ein- und mehrdimensionale sowie zeitabhängige Probleme) • Simulation und Experiment
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden kennen grundlegende Klassen von Differentialgleichungen und können vorgegebene Differentialgleichungen diesen Klassen zuordnen. • Die Studierenden verstehen das Konzept gut konditionierter Differentialgleichungsprobleme. • Die Studierenden können unterschiedliche numerische Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen benennen und grundlegende Unterschiede erläutern. • Die Studierenden können das Vorgehen bei der Finite-Elemente-Methode erklären sowie einfache Differentialgleichungen in die schwache Form überführen sowie das zugehörige algebraische Gleichungssystem herleiten. • Die Studierenden können für eine vorgegebene Versuchsanordnung ein Simulationsmodell erstellen und analysieren. • Die Studierenden können unterschiedliche numerische Verfahren, die innerhalb der FEM genutzt werden, beispielsweise zur Lösung zeitabhängiger Probleme, erklären und im Simulationsprogramm einsetzen. • Die Studierenden können Ursachen für Diskrepanzen zwischen Simulationsmodell und Versuchsaufbau benennen sowie Methoden zur Identifikation dieser Ursachen angeben.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Oral (30 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 97530	Laborpraktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (PEMSY) Laboratory course: Embedded microcontroller systems (PEMSY)	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (Blockpraktikum) (3 SWS) Praktikum: Praktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (semesterbegleitend) (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Klob	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	Contents	Dieses Praktikum führt die Studierenden in das Gebiet der eingebetteten Mikrocontroller-Systeme ein. Basierend auf dem Stoff der Vorlesungen Digitaltechnik, Schaltungstechnik und Systemprogrammierung bearbeiten die Teilnehmer/-innen eine Problemstellung, die mittels einer Maschine" gelöst werden soll. Zusätzlich notwendiges Wissen wird vermittelt, damit diese Maschine" in 2er-Gruppen weitgehend selbständig aufgebaut werden kann. Verwendet wird eine vom Lehrstuhl selbst entwickelte Platine auf Basis des AVR ATmega32 mit einem LCD-Display und einem ISM-Funkmodul. Schrittweise erfolgt der Lötaufbau des USB-Programmieradapters und der Hardware-Plattform mit Blick auf das zu realisierende Gesamtsystem. Während die Programmiermodule immer umfangreicher werden, wird mit zunehmender Erfahrung der Teilnehmer/-innen das System auf einem Lochrasterfeld durch eigene Schaltungen ergänzt und erweitert. Als Besonderheit darf die entwickelte Maschine" nach dem Ende des Praktikums von den Teilnehmern behalten werden. Programmiert wird konsequent in C (und Inline-Assembler) und verwendet werden ausschließlich frei verfügbare Entwicklungshilfsmittel. Für einen kontinuierlichen Entwicklungsfortschritt im Zusammenspiel mit dem Hardwareaufbau ist es hierbei unerlässlich das bereits gewisse Erfahrungen in dieser Programmiersprache bestehen. Nach Abschluss des Praktikums sind die Teilnehmer/-innen in der Lage ein Mikrocontroller-System für den Einsatz in einem Mess- oder Steuerungsprojekt aufzubauen, effektiv zu programmieren und Daten über eine Kurzstreckenfunkübertragung auszutauschen.
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung PEMSYP sind die Studierenden in der Lage die Konzepte und Verfahren der Mikrocontroller-Programmierung anzuwenden. Die Studierenden lernen dabei eigene Software für Mikrocontroller zu entwickeln. Sie lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Komponenten wie z.B. Strukturelemente und On-Chip-Peripherie am Beispiel des Mikrocontrollers ATmega32 zu verstehen. Dabei analysieren sie deren Zeitverhalten, entwickeln Methoden zum Anschluss von Peripherie-Elementen und bewerten Wechselwirkungen zwischen Hard- und Software.

		Die Studierenden sind weiterhin nach der Veranstaltung in der Lage, eine Entwicklungsumgebung für Mikrocontroller anzuwenden, sie lernen folgende Aspekte zu verstehen: • Software-Entwicklung unter Linux • Erzeugung von lauffähigem Code auf einem Mikrocontroller • Übertragung von Binärcode zum Mikrocontroller Im Rahmen des Aufbaus zweier Platinen werden zusätzlich folgende Inhalte vermittelt: • Löten an bedrahteten Bauelementen • Aufbau von einer Programmieradapterschaltung • Aufbau von einer Entwicklungsplattform mit integriertem Mikrocontroller und LCD-Display • Systematische Fehlersuche Durch die verwendeten Hard- und Software-Komponenten und generell gültigen Methodiken im Praktikum sind die erlernten Inhalte auch auf andere Mikrocontroller-Architekturen und Entwicklungssysteme übertragbar. Durch die Aufgabenstellungen des Praktikums sind die Studierenden später in der Lage, folgende Kommunikationsschnittstellen zu verstehen und eigene Treiber dafür zu entwickeln: • Serielle synchrone Datenübertragung (SPI) • serielle asynchrone Datenübertragung (UART) • parallele bidirektionale Datenübertragung über einen Bus Weiterhin sind die Studierenden nach dem Praktikum in der Lage folgende Kommunikationsprotokolle anzuwenden: • Befehlssatz des LCD Controllers HD44780 • Befehlssatz eines ISM Funkmoduls
7	Prerequisites	Empfohlen: • Die Beherrschung der Inhalte von Lehrveranstaltungen in einem ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium, die in die Grundlagen der Informatik und Elektrotechnik einführen • Kenntnisse in der Programmiersprache C • Grundverständnis von Booleschen Operationen • Englischkenntnisse • Deutschkenntnisse
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement Abschlusspräsentation mit Demonstration (10 Min.)
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Kernighan / Ritchie: The C Programming Language https://www.like.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/

1	Module name 92502	Grundlagen der optoelektronischen Bauelemente Basics of optoelectronic components	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Grundlagen der optoelektronischen Bauelemente (1 SWS) Vorlesung: Grundlagen der optoelektronischen Bauelemente (3 SWS)	1,5 ECTS 3,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Friedhard Römer Prof. Dr. Bernd Witzigmann	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernd Witzigmann
5	Contents	Funktionsweise von LEDs, Solarzellen, Transistoren, Dioden sowie Grundlagen der mikroskopischen Beschreibung
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Beherrschung der mikroskopischen Mechanismen für Ladungsträgertransport in Bauelementen • Zusammenhang der internen Bauelementephysik mit Systemspezifikationen der Anwendungen • Aufbau und Funktionsweise von LEDs, Solarzellen, Dioden und deren Materialien
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Klausur, schriftlich, Dauer 60 min
11	Grading procedure	Written examination (100%) 100% der Klausur
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Wuerfel, Solarzellen • Schubert, Light Emitting Diodes • Cohen Tannoudji, Quantum Mechanics • Vorlesungsskript

Power electronics

1	Module name 92523	Halbleitertechnik III - Leistungshalbleiterbauelemente (HL III) Semiconductor technology III - Power semiconductor components (HL III)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Michael Jank
5	Contents	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. Zunächst werden Bipolarleistungsdioden und Schottkydioden als gleichrichtende Bauelemente vorgestellt. 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. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden Fachkompetenz Anwenden • erklären den Aufbau und die Funktion sowie die elektrischen Eigenschaften gängiger Leistungshalbleiterbauelemente • vergleichen Leistungshalbleiterbauelemente auf Wide-Bandgap"-Materialien (SiC, GaN). Analysieren • klassifizieren Leistungsbauelemente hinsichtlich statischen und dynamischen Verlusten und Belastungsgrenzen • diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen gängiger Leistungshalbleiterbauelemente • unterscheiden Integrationskonzepte für Leistungshalbleiterbauelemente in integrierte Schaltungen
7	Prerequisites	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	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Fundamentals of Power Semiconductor Devices, B. J. Baliga, Springer, New York, 2008 ISBN: 978-0-387-47313-0 • Halbleiter-Leistungsbaulemente, Josef Lutz, Springer, Berlin, 2006 ISBN: 978-3-540-34206-9 • Leistungselektronische Bauelemente für elektrische Antriebe, Dierk Schröder, Berlin, Springer, 2006 ISBN: 978-3-540-28728-5 • Physics and Technology of Semiconductor Devices, A. S. Grove, Wiley, 1967, ISBN: 978-0-471-32998-5 • Power Microelectronics - Device and Process Technologies, Y.C. Liang und G.S. Samudra, World Scientific, Singapore, 2009 ISBN: 981-279-100-0 • Power Semiconductors, S. Linder, EFPL Press, 2006, ISBN: 978-0-824-72569-3 • V. Benda, J. Gowar, D. A. Grant, Power Semiconductor Devices, Wiley, 1999

1	Module name 92590	Halbleiterbauelemente Semiconductor devices	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen - verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter - interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen Anwenden - beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente - berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente - übertragen - ausgehend von den wichtigsten Bauelementen, wie Dioden, Bipolartransistoren und Feldeffekttransistoren - diese Funktionsprinzipien auf Weiterentwicklungen für spezielle Anwendungsgebiete wie Leistungselektronik oder Optoelektronik Analysieren - diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur
7	Prerequisites	Empfohlen: Grundlagen der Elektrotechnik I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript, am LEB erhältlich • R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002 • D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002 • Th. Tille, D. Schmitt-Landsiedel: Mikroelektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2004 • S.K. Banerjee, B.G. Streetman: Solid State Electronic Devices, Prentice Hall, 2005

1	Module name 92650	Regelungstechnik A (Grundlagen) Control engineering A (Foundations)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	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: • Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik • Modellbildung der Strecke im Zeit und Frequenzbereich und Darstellung als Strukturbild • Analyse des Streckenverhaltens linearer Eingrößensysteme anhand von Übertragungsfunktion und Frequenzgang • Auslegung einschleifiger Regelkreise • Erweiterte Regelkreisstrukturen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik erläutern. • Problemstellungen als Steuerungs- und Regelungsaufgabe identifizieren. • das Streckenverhalten durch ein mathematisches Modell in Form des Strukturbilds beschreiben. • eine Modellvereinfachung durch Linearisierung und Strukturbildumformung durchführen. • aus Übertragungsfunktion und Frequenzgang das qualitative Streckenverhalten ermitteln. • zu einem Frequenzgang Ortskurve und Bode-Diagramm angeben. • den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Regelung angeben und die Zweckbestimmung von Vorsteuerung und Regelung erläutern. • Sollverläufe auf Zulässigkeit überprüfen und realisierbare Vorsteuerungen entwerfen. • die Regelkreis-Stabilität definieren und mit dem Nyquist-Kriterium untersuchen. • entscheiden, wann welcher Reglertyp in Frage kommt und nach welchen Gesichtspunkten dessen Parameter zu wählen sind. • für lineare Eingrößensysteme einen geeigneten Regler entwerfen. • ergänzende Maßnahmen zur Störverhaltensverbesserung beschreiben und zur Anwendung bringen. • die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich weiterführende

		Frequenzbereichsmethoden der Regelungstechnik selbständig erschließen.
7	Prerequisites	Empfohlene Vorkenntnisse: Systemtheorie linearer zeitkontinuierlicher Systeme (inkl. Laplace-Transformation)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Grading procedure	Written examination (100%) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, 12. Auflage, VDE-Verlag, 2016 • M. Horn, N. Dourdoumas. Regelungstechnik, Pearson Studium, 2004 • W. Leonhard. Einführung in die Regelungstechnik, 4. Auflage, Vieweg, 1987 • J. Lunze. Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 12. Auflage, Springer, 2020 • R. Unbehauen. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, 2002 • G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1 und 2, Springer, 1995

1	Module name 92660	Schaltungstechnik Circuit technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Sascha Breun Manuel Koch Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET • Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten • Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler • Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen • Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen
6	Learning objectives and skills	• 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. • Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen. • Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren. • Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

1	Module name 96230	Hochleistungsstromrichter für die Elektrische Energieversorgung High-power converters in electrical power	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther Dr.-Ing. Gert Mehlmann
5	Contents	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 • Netzgeführte Stromrichter: Dreipulsige Elementarstromrichter - sechspulsige Stromrichter - zwölfpulsige Stromrichter - höherpulsige Stromrichter • Beschreibung von Stromrichtersystemen im Zustandsraum: Berechnung des stationären Betriebes als periodische Folge von Schaltvorgängen im Zustandsraum - Resonanz in sechspulsigen Stromrichtersystemen - stationärer Betrieb zwölfpulsiger Stromrichtersysteme • Netzgeführte Drehstromsteller: Gesteuerte Drehstromsteller - Einfluss des Nullsystems auf den Stellerbetrieb - dynamische Reihen- und Parallelkompensation - Resonanzen und ihre Vermeidung • Selbstgeführte Stromrichter: Grundsaltungen - Erzeugung der Ausgangsspannungen von Spannungsumrichtern - stationärer Betrieb im Drehstromnetz - vollständige Lastflusssteuerung - Resonanzen und ihre Vermeidung
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die stationären Betriebsvorgänge in Drehstromsystemen mit leistungselektronischen Betriebsmitteln (Stromrichtersysteme). • analysieren und bewerten unterschiedliche Varianten von Stromrichterschaltungen und deren Verschaltung mit dem Drehstromsystem

		• wenden Verfahren zur Berechnung und Bewertung der charakteristischen Kenngrößen typischer Schaltungsvarianten an. • entwickeln ausgehend von dreipulsigen Elementarstromrichtern Verfahren zur Berechnung höherpulsiger Stromrichter und von dynamischen Kompensationsanlagen im Zustandsraum.
7	Prerequisites	Empfehlung: Grundlagen der elektrischen Energieversorgung sind für das Verständnis nötig.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (90 minutes) Die Prüfung erfolgt mündlich 30 min lang.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Herold, G.: Elektrische Energieversorgung V. Stromrichter in Drehstromnetzen. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag, 2009

1	Module name 96370	Pulsumrichter für elektrische Antriebe Pulse-controlled converters for electrical drives	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Pulsumrichter für elektrische Antriebe (2 SWS) Vorlesung: Pulsumrichter für elektrische Antriebe (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Jens Igney	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Jens Igney
5	Contents	Bauelemente - IGBTs und Dioden - Entwärmung - Kondensatoren Theorie selbstgeführter Stromrichter - Schaltungen von selbstgeführten Stromrichter - Grundfrequenzsteuerung - Trägerverfahren - Drehzeiger / Raumzeigermodulation - Harmonic Distortion Factor Gleichstromsteller - Tiefsetzsteller - Hochsetzsteller - Zweiquadrantensteller - Vierquadrantensteller Dreiphasiger Pulsumrichter - Einspeisestromrichter, Gleichrichter - Einspeisestromrichter, rückspeisefähig - Pulsumrichter für permanenterregte Synchronmaschinen mit Blockstrom - Dreiphasiger Wechselrichter - Verluste Unerwünschte Effekte - Niederfrequente Netzharmonische - Ableitströme, Funkstörspannung, Lagerströme - Kabel, Reflexion, erhöhte Motorspannungen
6	Learning objectives and skills	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. Bauelemente im Pulsumrichter: 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.

		Theorie selbstgeführter Stromrichter: 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 bewerten verschiedene Modulationsverfahren mit Hilfe Leistungskenngrößen wie dem Harmonic Distortion Factor. Sie leiten daraus die Belastung der Bauelemente ab und berücksichtigen dies bei der Konzeption des Leistungskreises. Gleichstromsteller: 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. Dreiphasige Pulsumrichter: 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. Unerwünschte Effekte: Die Studierenden nennen unerwünschte Effekte, welche durch den Einsatz eines Pulswechselrichters am Motor entstehen und beschreiben mögliche Abhilfemaßnahmen, die sie in ihrer Konzeption berücksichtigen.
7	Prerequisites	Leistungselektronische Grundkenntnisse
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	- Felix Jenni, Dieter Wüest: "Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter" - Semikron Applikationshandbuch

1	Module name 96580	Elektromagnetische Verträglichkeit	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektromagnetische Verträglichkeit (2 SWS) Übung: Ü-EMV (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Daniel Kübrich Daniel Breidenstein	

4	Module coordinator	Jeannette Konhäuser Dr.-Ing. Daniel Kübrich	
5	Contents	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. 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: • Symmetrische und asymmetrische Störströme • Ersatzschaltbilder von Filterkomponenten • Netzfilterdämpfung • Koppelmechanismen • Reduzierung von Feldern durch Schirmung / Spiegelung	
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • die Besonderheiten der EMV-Messtechnik zu verstehen, • die aktuellen Normen zu verstehen und anzuwenden, • die unterschiedlichen Koppelmechanismen zu verstehen und auf die Störprobleme in Schaltungen und Systemen anzuwenden, • die Störsituation bei Schaltungen zu bewerten und Maßnahmen zur Entstörung zu entwickeln.	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Klausur, Schriftlich, Dauer 90 min	

11	Grading procedure	Written examination (100%) 100 % der Klausur
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 96630	Leistungselektronik Power electronics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Martin März
5	Contents	Grundlagen der Topologieanalyse: Stationaritätsbedingungen, Strom-Spannungsformen, verbotene Schalthandlungen Nicht-isolierende Gleichspannungswandler: Grundlegende Schaltungstopologien, Funktionsweise, Dimensionierung Isolierende Gleichspannungswandler: Grundlegende Schaltungstopologien, Gleichrichterschaltungen, Transformatoren als Übertrager bzw. Energiespeicher Leistungshalbleiter: 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 Passive Leistungsbaulemente: Induktive Bauelemente (weichmagnetische Kernmaterialien, nichtlineare Eigenschaften, Kernverluste, Wicklungsverluste); Kondensatoren (Technologien und deren Anwendungseigenschaften, sicherer Arbeitsbereich, Brauchbarkeitsdauer, Impedanzverhalten) Parasitäre Elemente: Niederinduktive Aufbautechniken Treiber- und Ansteuerschaltungen für Leistungshalbleiter: Grundsaltungen zur Ansteuerung MOS-gesteuerter Bauelemente mit und ohne galvanische Isolation, Schaltungen zur Erhöhung von Störabstand und Treiberleistung, Ladungspumpe, Schutzbeschaltungen, PWM-Modulatoren Gleichrichter und Leistungsfaktorkorrektur: Phasenanschnittsteuerung, Phasenabschnittsteuerung, Gleichrichterschaltungen, Netzstromverformung, aktive Leistungsfaktorkorrektur Pulsumrichter: Übersicht, Blockschaltbild, netzseitige Stromrichter, lastseitiger Pulswechselrichter, Sinus-Dreieck- und Raumzeigermodulation, Dreipunktwechselrichter
6	Learning objectives and skills	Lernziel 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. Die Studierenden können • die Funktionsprinzipien leistungselektronischer Basistopologien mit und ohne galvanische Isolation erklären, • einfache leistungselektronische Wandler analysieren und die für ein Systemdesign relevanten elektrischen und thermischen Parameter berechnen, • die grundlegenden Eigenschaften verschiedener Schaltungslösungen erklären und diskutieren, • die Vor- und Nachteile verschiedener Bauteiltechnologien in einer leistungselektronischen Schaltung bewerten, • einfache leistungselektronische Wandler entwerfen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) schriftliche Klausur (90 min.), keine Hilfsmittel (außer Taschenrechner) erlaubt
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	[1] Franz Zach: Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-04898-3 [2] Schröder D., Marquardt R.: Leistungselektronische Schaltungen. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-662-55324-4 [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	Module name 96670	Schaltnetzteile	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Schaltnetzteile (2 SWS) Übung: Übungen zu Schaltnetzteile (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Thomas Dürbaum Samuel Faber	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Thomas Dürbaum Dr.-Ing. Daniel Kübrich
5	Contents	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. 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	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: - Basistopologien und deren Betriebsarten zu analysieren, - die Funktionsweise PWM-geregelter Topologien zu erarbeiten und die zugehörigen Kennwerte zu bewerten, - die Notwendigkeit von Netztrennung sowie mögliche Maßnahmen zur Erlangung derselben zu verstehen, - grundlegende netztrennende Topologien zu analysieren, - Schaltverluste sowie deren Reduzierung mit Hilfe von Entlastungsnetzwerken zu bewerten, - regelungstechnische Beschreibung PWM-getakteter Konverter im kontinuierlichen Betrieb mittels der Methode des In-Circuit-Averaging zu analysieren.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes) mündliche Prüfung, Dauer 30 min
11	Grading procedure	Oral (100%) 100% der mündlichen Prüfung
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	• Begleitende Arbeitsblätter • Fundamentals of Power Electronics, Erickson W. Robert, Springer Verlag

1	Module name 96680	Thermisches Management in der Leistungselektronik Thermal management in power electronics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Thermisches Management in der Leistungselektronik (2 SWS) Übung: Übungen zu Thermisches Management in der Leistungselektronik (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Stefanie Büttner Prof. Dr. Martin März	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Martin März
5	Contents	• Grundlagen des thermischen Managements • Komponenten des thermischen Managements • Anwendungs- und Auslegungsbeispiele • Bauelemente unter Temperaturbelastung • Thermische Meßtechnik • Elektrisch-thermische Modellierung
6	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral (90 minutes) Klausur von 90 min Dauer
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Begleitendes Vorlesungsskript

1	Module name 97060	Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden) Control engineering B (State-space methods)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	Das Modul vermittelt die Grundlagen zur Beschreibung und Untersuchung von linearen dynamischen Systemen mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen im Zustandsraum sowie den zustandsraumbasierten Regler- und Beobachterentwurf. Die Inhalte sind: • Motivation der Zustandsraumbetrachtung dynamischer Systeme in der Regelungstechnik • Zustandsraumdarstellung dynamischer Systeme und deren Vereinfachung durch Linearisierung • Analyse linearer und zeitinvarianter Systeme: Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zusammenhang mit Ein-/Ausgangsbetrachtung • Auslegung von linearen Zustandsreglern für lineare Eingrößensysteme • Erweiterte Regelkreisstrukturen, insbesondere Vorsteuerung und Störgrößenkompensation • Entwurf von Zustands- und Störgrößenbeobachtern und Kombination mit Zustandsreglern (Separationsprinzip)
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • die Vorzüge der Zustandsraumbetrachtung im Vergleich zur Ein-/Ausgangsbetrachtung darlegen. • für dynamische Systeme die Zustandsgleichungen aufstellen und durch Linearisierung vereinfachen. • für LZI-Systeme die Zustandsgleichungen in Normalformen transformieren. • Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit von Zustandssystemen definieren und LZI-Systeme daraufhin untersuchen. • ausführen, wie diese Eigenschaften mit den Eigenwerten und Nullstellen von LZI-Zustandssystemen zusammenhängen. • den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Zustandsregelung angeben und die Zweckbestimmung ihrer einzelnen Komponenten erläutern. • realisierbare Vorsteuerungen zur Einstellung des Sollverhaltens entwerfen. • Zielstellung und Aufbau eines Zustandsbeobachters erläutern. • diesen zu einem Störbeobachter erweitern und Störaufschaltungen zur Kompensation von Dauerstörungen konzipieren. • beobachterbasierte Zustandsregelungen durch Eigenwertvorgabe entwerfen.

		die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich die Zustandsraummethoden der Regelungstechnik selbständig weiter erschließen.
7	Prerequisites	Empfohlene Vorkenntnisse: Vektor- und Matrizenrechnung sowie Grundlagen der Regelungstechnik (klassische Frequenzbereichsmethoden; kann auch parallel gehört werden, siehe Regelungstechnik A)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Grading procedure	Written examination (100%) Die Summe der in den freiwilligen Testaten 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	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	- C.T. Chen. Control System Design, Pond Woods Press, 1987 O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung. 8. Auflage, Hüthig, 1994 H. Geering. Regelungstechnik, 6. Auflage, Springer, 2004 T. Kailath. Linear Systems, Prentice Hall, 1980 G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1, Springer, 1995 - D.G. Luenberger. Introduction to Dynamic Systems, John Wiley & Sons, 1979 J. Lunze. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, Springer, 2020 J. Lunze. Regelungstechnik 2, 10. Auflage, Springer, 2020 L. Padulo, M.A. Arbib. System Theory, W.B. Saunders Company, 1974

	• W.J. Rugh. Linear System Theory 2, Prentice Hall, 1996	

1	Module name 97360	Digitale Regelung Digital control	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Digitale Regelung (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Andreas Michalka	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Andreas Michalka
5	Contents	Es werden Aufbau u. mathematische Beschreibung digitaler Regelkreise für LZI-Systeme sowie Verfahren zu deren Analyse und Synthese betrachtet: • quasikontinuierliche Beschreibung und Regelung der Strecke unter Berücksichtigung der DA- bzw. AD-Umsetzer • zeitdiskrete Beschreibung der Regelstrecke als Zustandsgleichung oder z-Übertragungsfunktion • Analyse von Abtastsystemen, Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit • Regelungssynthese: Steuerungsentwurf, Zustandsregelung und Beobachterentwurf, Störungen im Regelkreis, Berücksichtigung von Totzeiten, Intersampling-Verhalten".
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erläutern Aufbau und Bedeutung digitaler Regelkreise. • leiten mathematische Beschreibungen des Abtastsystems in Form von Zustandsgleichungen oder z-Übertragungsfunktionen her. • analysieren Abtastsysteme und konzipieren digitale Regelungssysteme auf Basis quasikontinuierlicher sowie zeitdiskreter Vorgehensweisen. • entwerfen Steuerungen, Regelungen und Beobachter und bewerten die erzielten Ergebnisse. • diskutieren abtastregelungsspezifische Effekte und bewerten Ergebnisse im Vergleich mit dem kontinuierlichen Systemverhalten.
7	Prerequisites	Es wird empfohlen folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird: • Regelungstechnik A (Grundlagen) (RT A) oder Einführung in die Regelungstechnik (ERT) • Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden) (RT B)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Schriftliche Prüfung (Klausur, mit 90 Minuten Dauer).
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 92546	Elektrifizierung von Fahrzeugen und Flugzeugen Power electronics in vehicles and electric powertrains	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Martin März	
5	Contents	- Fahrzeugspezifische Anforderungen an Elektronik im Bordnetz von Kraftfahrzeugen - Leistungselektronik in Fahrzeugen mit konventionellem Bordnetz (12/24 V) - Hybride und rein elektrische Antriebsstrangtopologien (HEV, PHEV, FCEV, BEV) für Pkw, Nutzfahrzeuge, Schiffe und Flugzeuge - Leistungselektronik in Hybrid- und Elektrofahrzeugen (Ladegeräte, Umrichter, Gleichspannungswandler): Schaltungskonzepte, Schaltungsauslegung. Spezielle Anforderungen im Luftfahrtbereich.	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - kennen die Grundstruktur und die Eigenschaften des 12/24V Bordnetzes von Kraftfahrzeugen - kennen die fahrzeugspezifischen Anforderungen an Leistungselektronik im Bordnetz von Kraftfahrzeugen - kennen den Aufbau der in den verschiedenen Fahrzeugsteuergeräten eingesetzten Leistungselektronik und die Eigenschaften der darin verwendeten Leistungsschalter (Smart-Power) - kennen die verschiedenen Grundstrukturen (Topologien) der Antriebsstränge von Hybrid- und Elektrofahrzeugen (incl. Schiffe und Flugzeuge) - analysieren verschiedene Antriebsstrangtopologien bezüglich ihrer Anwendungseigenschaften - kennen die Grundsaltungen aller für die Elektrifizierung des Antriebsstrangs erforderlichen leistungselektronischen Wandler (Antriebsumrichter, Gleichspannungswandler) - kennen die wichtigsten technischen Ansätze zur Reduzierung von Bauvolumen, Verlustleistung und Kosten - kennen die Grundsaltungen, die Systemtechnik und die Sicherheitsanforderungen bei kabelgebundenen und kontaktlosen Ladeverfahren - kennen eine Methodik zur Antriebsstrangsimulation auf Fahrzeugebene	
7	Prerequisites	Dringest empfohlen werden "Grundlagen der Elektrotechnik" und "Leistungselektronik"	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral schriftliche Klausur (90 min.), keine Hilfsmittel (außer Taschenrechner) zugelassen
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Begleitendes Vorlesungsskript

Foundations of Product Development

1	Module name 94591	Technische Darstellungslehre 2 Engineering drawing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Technische Darstellungslehre II; FR-A (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack Dr.-Ing. Jörg Miehl Johannes Mayer Christian Witzgall	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack
5	Contents	• Technologie des Computer Aided Design • Einführung in die virtuelle Produktentwicklung mit CAD-Systemen • Grundlagen des CAD: Arten von 3D-Modellierern, Systemmodule und Eigenschaften von Modellen • Modellierungsstrategien, Vorgehensweise bei der Modellierung, Grundprinzipien, Besondere Modellierungsvereinfachungen im Zusammenhang mit genormten Darstellungen • Rechnerübung mit Hausübung an CAD-Systemen zum Anfertigen von Bauteilen, Baugruppen und technischen Zeichnungen
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden erwerben Wissen über Funktion, Aufbau und Bedienung von im industriellen Umfeld eingesetzten, vollparametrischen 3D-CAD-Systemen. Die Studierenden erfahren die Bedeutung von CAD-Systemen als zentralem Synthesewerkzeug des rechnerunterstützten Produktentwicklungsprozesses im Maschinenbau und in verwandten Disziplinen. Hierzu erlernen die Studierenden Grundwissen über die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus und die Möglichkeiten der Rechnerunterstützung (CAx) und über die grundlegende Geometrieverarbeitung auf Rechnersystemen: Historische Entwicklung, Stand der Technik, Grundfunktionalitäten moderner CAD-Systeme, Parametrik, Assoziative Datenspeicherung, Features und Konstruktionselemente, historienbasierte und direkte Modellierung. Verstehen Die Studierenden gewinnen Verständnis für den Einsatz von CAD zur Definition der Produktgestalt im Hinblick auf eine durchgängige Verwendung der erzeugten Daten als Grundlage für die weitere CAx-Werkzeuge sowie für die Ableitung normgerechter Zeichnungen und Stücklisten. Weiterhin vertiefen die Studierenden ihr Verständnis für technische Zeichnungen gemäß DIN 199-1 indem sie die technische Zeichnung sowohl als Informationsquelle für die Modellerstellung verwenden, als auch normgerechte technische Zeichnungen ihrer erstellten

3D-CAD Modelle erstellen. Durch diese doppelte Verwendung des Kommunikationsmediums technische Zeichnung erwerben die Studierenden ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen der technischen Zeichnung und dem 3D-CAD Modell.

Die Studierenden verstehen Zusammenhänge durch:

- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Vorpraktikum (verpflichtend für MB und WING) erworbenen Kompetenzen
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre I erworbenen Kompetenzen

Anwenden

Die Studierenden wenden das Gelernte an, indem sie das in den obligatorischen Grundlagenübungen vermittelte Wissen in verpflichtenden Vertiefungsübungen auf bisher unbekannte Bauteile transferieren. Die Studierenden werden bei der Anwendung des Wissens durch die Korrektur der abgegebenen 3D-Modelle und Zeichnungen überprüft. Den Studierenden werden die gemachten Fehler erklärt und die Möglichkeit gegeben diese zu korrigieren und so das Wissen zur Erstellung korrekter 3D-Modelle und Zeichnungen anzuwenden.

Analysieren

Die Studierenden vertiefen die in der Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre I erlangten Analysefähigkeiten technischer Zeichnungen und Funktionsskizzen zur anschließenden Erstellung eines korrekten CAD-Modells auf Basis der relevanten Informationen.

Evaluierten (Beurteilen)

Die Studierenden lesen selbstständig technische Zeichnungen und Funktionsskizzen und erlernen, deren Inhalt zu erfassen, zu beurteilen und zu hinterfragen. Dies beinhaltet insbesondere die Entwicklung einer korrekten Modellierungsstrategie auf Basis der erfassten Informationen. Die Studierenden bewerten im Rahmen der Baugruppenkonstruktionen selbstständig die funktionsrelevanten Kontakt- und Funktionsflächen der Einzelbauteile.

Erschaffen

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

- 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 spannenden 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 Normteillbibliotheken, hierbei erlangen die Studierenden insbesondere Kompetenzen in den Bereichen: • Planen einer Baugruppenhierarchie im Hinblick auf Robustheit • Verarbeiten von Importgeometrie (Fremdformate) • Definieren von Montagebedingungen • Anwenden einfacher Baugruppenanalysefunktionen (z. B. Durchdringung und Masseeigenschaften). Die Studierenden erlernen das Ableiten norm-, funktions- und fertigungsgerechter Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen aus den 3D-CAD-Modellen, welche den Regeln der Technischen Darstellungslehre folgen, hierbei vertiefen die Studierenden die 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. <u>Lern- bzw. Methodenkompetenz</u> Die Studierenden erlangen die zuvor genannten Fachkompetenzen insbesondere durch praktische Anwendung des 3D-CAD-Systems im Rahmen verpflichtender Übungsabgaben. Individuelle und kompetente Betreuung erhalten die Studierenden hierbei durch studentische Tutoren und Mitarbeiter des Lehrstuhls, wodurch sichergestellt wird, dass eine effiziente Vermittlung der Lehrinhalte trotz unterschiedlichem Kenntnisstandes der Studierenden erfolgt. <u>Selbstkompetenz</u> Die Studierenden vertiefen die Befähigung zur selbstständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen bei der Bearbeitung der verpflichtenden Aufgaben, hierbei erhalten die Studierenden Unterstützung durch Betreuer und studentische Tutoren. Die Studierenden reflektieren die eigenen Stärken und Schwächen beim Umgang mit dem 3D-CAD-System und fordern eigenverantwortlich Hilfe bei den studentischen Tutoren und Mitarbeitern des Lehrstuhls ein und erweitern ihre Selbstkompetenz bezüglich des Umgangs mit fachlicher Kritik. <u>Sozialkompetenz</u> Die Studierenden vertiefen die Befähigung zur selbstständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen bei der Bearbeitung der verpflichtenden Aufgaben, hierbei erlangen sie die Befähigung zur kooperativen Zusammenarbeit mit anderen Studierenden, studentischen Tutoren und Mitarbeitern des Lehrstuhls.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

		Grundlagen der Produktentwicklung Master of Science Artificial Intelligence 20211 • Studienleistung • Praktikumsleistung • unbenotet
9	Module compatibility	Für den Erwerb des Scheins als Dokumentation der erbrachten Studienleistung müssen insgesamt zehn 3D-CAD-Modelle erfolgreich testiert sein. Die 3D-CAD-Modelle sind individuell, eigenständig zu erstellen und verbindlich zu vorab definierten Terminen abzugeben. Die Übungen können im Rechnerraum (CIP-Pool des Departments Maschinenbau) unter Betreuung oder selbstständig bearbeitet werden. Zu den Übungen im CIP-Pool besteht keine Anwesenheitspflicht.
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 94711	Grundlagen der Produktentwicklung Foundations of product development	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartack
5	Contents	Einführung in die Produktentwicklung • Synthese und Analyse als zentrale Aufgaben • Vorgehensmodelle im Produktentwicklungsprozess Konstruktionswerkstoffe Grundlagen der Bauteilauslegung Festigkeitslehre • Typische Versagenskriterien • Definition und Aufgaben der Festigkeitslehre, Prinzip • Ermittlung von Belastungen • Ermittlung von Beanspruchungen • Beanspruchungsarten • Zeitlicher Verlauf der Beanspruchung und Lastannahmen • Resultierende Spannungen und Vergleichsspannungen • Kerbwirkung und Stützwirkung • Weitere Einflussfaktoren auf die Festigkeit von Bauteilen • Maßgebliche Werkstoffkennwerte • Bauteildimensionierung und Festigkeitsnachweis Einführung in die Technische Produktgestaltung • Gestalten von Maschinen • Fertigungsgerechtes Gestalten • Sicherheitsgerechtes Gestalten Normung, Toleranzen, Passungen und Oberflächen Maschinenelemente • Schweißverbindungen • Passfeder- und Keilwellenverbindungen • Bolzen- und Stiftverbindungen • Zylindrische Pressverbindungen • Kegelverbindungen • Spannelementverbindungen • Schraubenverbindungen • Wälzlager • Gleitlager • Dichtungen • Stirnräder und Stirnradgetriebe • Kupplungen
6	Learning objectives and skills	<u>Fachkompetenz</u> Wissen 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 Umgebungskonstruktion
- 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)
- Ermittlung von Kerbspannungen auf Basis von Kerbform-, Kerbwirkungszahlen und plastischen Stützzahlen unter Berücksichtigung von Oberflächeneinflüssen
- Auswahl von Vergleichsspannungshypothesen und Ermittlung von Vergleichsspannungen

		• Auswahl von Maßtoleranzen • Auswahl von Wälzlagern und Grobgestaltung von Wälzlagerstellen. Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Wälzlagertechnik zu erwerbenden Kompetenzen • Auswahl gängiger Maschinenelemente unter Funktionsgesichtspunkten sowie Auslegen ausgewählter Maschinenelemente Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden erlernen über die Analyse hinaus die Möglichkeiten zur Einschätzung ihrer Berechnungen. 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. Die Studierenden erlernen somit Möglichkeiten zur Beurteilung von: • Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen unter Funktionsgesichtspunkten • Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen unter Tragfähigkeitsgesichtspunkten Lern- bzw. Methodenkompetenz 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.
7	Prerequisites	Es werden empfohlen: • Technische Darstellungslehre I • Statik und Festigkeitslehre
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Grundlagen der Produktentwicklung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 97110	Technische Produktgestaltung Technical product design	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Technische Produktgestaltung (4 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack Dr.-Ing. Stefan Götz	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack
5	Contents	• Einführung in die Technische Produktgestaltung • Baustrukturen technischer Produkte • Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung • toleranzgerechtes Konstruieren • kostengerechtes Konstruieren • beanspruchungsgerechtes Konstruieren • werkstoffgerechtes Konstruieren • Leichtbau • umweltgerechtes Konstruieren • nutzerzentrierte Produktgestaltung
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen 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: • 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) • Wissen über werkstoffgerechtes Konstruieren (Anforderungs- und Eigenschaftsprofil, wirtschaftliche Werkstoffauswahl, Auswirkung der Werkstoffwahl auf Fertigung, Lebensdauer und Gewicht) • 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) • Wissen über kostengerechtes Konstruieren (Beeinflussung der Lebenslauf-, Herstell- und Selbstkosten in der Produktentwicklung, Auswirkungen der Stückzahl und der Fertigungsverfahren, Entwicklungsbegleitende Kalkulation) • 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 Baustruktur 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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Grundlagen der Produktentwicklung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

Manufacturing automation and production engineering

1	Module name 94570	Produktionstechnik I und II Production engineering I+II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Produktionstechnik (PT II & PT 3 MB) (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Produktionstechnik I und Produktionstechnik 2 für MB (2 SWS, WiSe 2025) Tutorium: Produktionstechnik - Tutorium (P) (PT II & PT 3 MB) (2 SWS, SoSe 2025) Tutorium: Produktionstechnik I - Tutorium (2 SWS, WiSe 2025)	- - - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke Andreas Röckelein Prof. Dr. Nico Hanenkamp Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer Simon Sauer Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt apl. Prof. Dr. Hinnerk Hagenah	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke Prof. Dr. Nico Hanenkamp Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein Prof. Dr.-Ing. Sebastian Müller Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt
5	Contents	*Produktionstechnik I:* 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, Erzeugung von duroplastischen / thermoplastischen Faserverbunden) behandelt. *Produktionstechnik II:* 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.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse in der Metallkunde und der Verarbeitung von Metallen. • Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Produktionsverfahren Urformen, Umformen, Fügen, Trennen, ihre Untergruppen • Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Prozessverständnis hinsichtlich der wirkenden Mechanismen. • Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozessführung sowie spezifische Eigenschaften der Produktionsverfahren. • Die Studierenden erwerben grundlegendes Verständnis zu den Eigenschaften von Kunststoffen und deren Verarbeitung • Die Studierenden erwerben Kenntnisse über werkstoffwissenschaftliche Aspekte und Werkstoffeigenschaften sowie Werkstoffverhalten vor und nach den jeweiligen Bearbeitungsprozessen • Die Studierenden erwerben fundamentale Kenntnisse zu Multi-Materialien-Verbunden. • Die Studierenden erlangen grundlegende Kenntnisse zur Funktionsweise von elektrischen Antriebseinheiten und deren Herstellung sowie die Herstellung von elektrischen Komponenten (MID) • Die Studierenden erhalten grundlegende Kenntnisse im Bereich der Produktentwicklung und Produktauslegung (Verfahrensmöglichkeiten, Verfahrensgrenzen, Designeinschränkungen, etc.) Verstehen • Die Studierenden sind in der Lage die grundlegenden Prinzipien von Fertigungsprozessen und der Systemauslegung zu verstehen • Die Studierenden verstehen die Grundlagen des Anlagen- und Werkzeugbaus Anwenden •

		Die Studierenden können die verschiedenen Fertigungsverfahren erkennen und normgerecht differenzieren
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 97101	Produktionssystematik Production systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Nach einem Besuch der Vorlesung Produktionssystematik sollen die Studierenden in der Lage sein: • Ziele, Strategien, Vision und Mission der Unternehmen beurteilen zu können; • sich in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmen zurecht zu finden; • die Inhalte der wesentlichen Kernprozesse produzierender Unternehmen zu kennen; • die technische und administrative Auftragsabwicklung nachzuvollziehen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211 Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 97121	Handhabungs- und Montagetechnik Industrial handling and assembly technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Handhabungs- und Montagetechnik (2 SWS) Vorlesung: Handhabungs- und Montagetechnik (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Simon Schlichte Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden sind in der Lage: • die Montagefreundlichkeit von Produkten zu beurteilen und zu verbessern, • Montage- und Handhabungsprozesse zu beurteilen, auszuwählen und zu optimieren, • die dazu erforderlichen Geräte, Vorrichtungen und Werkzeuge zu bewerten, und • Montageprozesse sowie -systeme zu konzipieren, zu planen und weiterzuentwickeln. 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.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Feldmann, Klaus; Schöppner, Volker; Spur, Günter (Hg.) (2014): Handbuch Fügen, Handhaben, Montieren. 2., vollständig neu bearbeitete Auflage. München: Hanser. • Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (2012): Montage in der industriellen Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. • Rainer Müller, Jörg Franke, Dominik Henrich, Bernd Kuhlenkötter, Annika Raatz, Alexander Verl (Hg.) (2019): Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration: Hanser Fachbuchverlag.

Applied Mechanics

1	Module name 94500	Dynamik starrer Körper Dynamics of rigid bodies	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker
5	Contents	• Kinematik von Punkten und starren Körpern • Relativkinematik von Punkten und starren Körpern • Kinetik des Massenpunktes • Newton'sche Axiome • Energiesatz • Stoßvorgänge • Kinetik des Massenpunktsystems • Lagrange'sche Gleichungen 2. Art • Kinetik des starren Körpers • Trägheitstensor • Kreiselgleichungen • Schwingungen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • sind vertraut mit den grundlegenden Begriffen und Axiomen der Dynamik; • können Bewegungen von Massepunkten und starren Körpern in verschiedenen Koordinatensystemen beschreiben; • können die Bewegungsgleichungen von Massepunkten und starren Körpern mittels der Newtonschen Axiome oder mittels der Lagrangeschen Gleichungen aufstellen; • können die Bewegungsgleichungen für einfache Stoßprobleme lösen; • können die Bewegungsgleichung für einfache Schwingungsprobleme analysieren.
7	Prerequisites	Empfohlen: Kenntnisse aus dem Modul "Statik, Elastostatik und Festigkeitslehre" bzw. "Statik und Festigkeitslehre"
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Technische Mechanik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 105 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 3, Berlin:Springer, 2006

1	Module name 94660	Statik und Festigkeitslehre Statics and mechanics of materials	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Statik und Festigkeitslehre (3 SWS) Tutorium: Statik und Festigkeitslehre (Tut) (2 SWS) Übung: Statik und Festigkeitslehre (Ü) (2 SWS)	- - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker Gamal Amer Tan Tran Dr.-Ing. Xiyu Chen Deepak Jadhav Simon Heinrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker Prof. Dr.-Ing. Kai Willner
5	Contents	• Kraft- und Momentenbegriff, Axiome der Statik • ebene und räumliche Statik • Flächenmomente 1. und 2. Ordnung • Haft- und Gleitreibung • Spannung, Formänderung, Stoffgesetz • überbestimmte Stabwerke, Balkenbiegung • Torsion • Elastizitätstheorie und Festigkeitsnachweis • Stabilität
6	Learning objectives and skills	Wissen Die Studierenden kennen • die axiomatischen Grundlagen der Technischen Mechanik sowie die entsprechenden Fachtermini. • das Schnittprinzip und die Einteilung der Kräfte in eingeprägte und Reaktionskräfte bzw. in äußere und innere Kräfte. • die Gleichgewichtsbedingungen am starren Körper. • das Phänomen der Haft- und Gleitreibung. • die Begriffe der Verzerrung und Spannung sowie das linear-elastische Stoffgesetz. • den Begriff der Hauptspannungen sowie das Konzept der Vergleichsspannung und Festigkeitshypothesen. • das Problem der Stabilität und speziell die vier Eulerschen Knickfälle für ein schlankes Bauteil unter Drucklast. Verstehen Die Studierenden • können Kräfte nach verschiedenen Kriterien klassifizieren. • können verschiedene Lagerungsarten unterscheiden und die entsprechenden Lagerreaktionen angeben. • können den Unterschied zwischen statisch bestimmten und unbestimmten Systemen erklären. • können den Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung erläutern. • können das linear-elastische, isotrope Materialgesetz angeben und die Bedeutung der Konstanten erläutern.

		• können die Voraussetzungen der Euler-Bernoulli-Theorie schlanker Balken erklären. • verstehen die Idee der Vergleichsspannung und können verschiedene Festigkeitshypothesen erklären. Anwenden Die Studierenden können • den Schwerpunkt eines Körpers bestimmen. • ein System aus mehreren Körpern geeignet freischneiden und die entsprechenden eingeprägten Kraftgrößen und die Reaktionsgrößen eintragen. • für ein statisch bestimmtes System die Reaktionsgrößen aus den Gleichgewichtsbedingungen ermitteln. • die Schnittreaktionen für Stäbe und Balken bestimmen. • die Spannungen im Querschnitt schlanker Bauteile (Stab, Balken) unter verschiedenen Belastungen (Zug, Biegung, Torsion) ermitteln. • die Verformungen schlanker Bauteile ermitteln. • aus einem gegebenen, allgemeinen Spannungszustand die Hauptspannungen sowie verschiedene Vergleichsspannungen ermitteln. • die kritische Knicklast für einen gegebenen Knickfall bestimmen. Analysieren Die Studierenden können • ein geeignetes Modell für schlanke Bauteile anhand der Belastungsart und Geometrie auswählen. • ein problemangepasstes Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Reaktionsgrößen und Verformungen auch an statisch unbestimmten Systemen wählen. • eine geeignete Festigkeitshypothese wählen. • den relevanten Knickfall für gegebene Randbedingungen identifizieren. Evaluiere (Beurteilen) Die Studierenden können • den Spannungszustand in einem Bauteil hinsichtlich Aspekten der Festigkeit bewerten. • den Spannungszustand in einem schlanken Bauteil hinsichtlich Aspekten der Stabilität bewerten.
7	Prerequisites	Organisatorisches: Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter https://www.studon.fau.de/cat5282.html 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.

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Technische Mechanik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 105 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 1, Berlin:Springer 2006 • Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 2, Berlin:Springer 2007

Quality management and manufacturing metrology

1	Module name 94510	Grundlagen der Messtechnik Fundamentals of metrology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	Inhalt (Vorlesung): • Allgemeine Grundlagen • 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 • 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 • 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 • 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 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 Wertdiskretisierung, 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 Massenormale (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, oberchalige 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 balance, EMC balance, mass comparators Measurement of torque (reactive and active)

		• Branches of industrial metrology • 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) • 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
6	Learning objectives and skills	*Wissen* • Die Studierenden kennen grundlegende statistische Methoden zur Beurteilung von Messergebnissen und Ermittlung von Messunsicherheiten. • Die Studierenden kennen grundlegende Messverfahren zur Erfassung der Messgrößen aller SI-Einheiten. • Die Studierenden kennen das Basiswissen zu Grundlagen der Messtechnik und messtechnischen Tätigkeiten. • 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. *Verstehen* • Die Studierenden können die Eigenschaften von Messeinrichtungen und Messprozessen beschreiben. • Die Studierenden können das Internationale Einheitensystem und die Rückführung von Messergebnissen beschreiben. *Anwenden* • Die Studierenden können einfache Messungen statischer Größen durchführen. • Die Studierenden können Messunsicherheiten komplexer Messeinrichtungen bei gegebenen Eingangsgrößen berechnen. *Evaluieren (Beurteilen)* • ◦ The students know basic statistical methods for the evaluation of measurement results and the determination of measurement uncertainties. ◦ The students know basic measuring methods for the record of measured values for all SI units.

		◦ The students have basic knowledge of fundamentals of metrology and metrology activities. ◦ 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. ◦ The students are able to describe the characteristics of measuring instruments and measurement processes. ◦ The students are able to describe the international system of units (SI) and the traceability of measurement results ◦ 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.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Qualitätsmanagement und Messtechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html 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 Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5 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

Specialization: Healthcare Information Systems

1	Module name 22910	Informationssysteme im Gesundheitswesen	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt
5	Contents	In diesem Modul wird ein Überblick über die Architektur und Einsatzgebiete von Informationssystemen im Gesundheitswesen gegeben. Es wird hierbei sowohl auf Informationssysteme im Krankenhaus als auch auf Systeme im niedergelassenen Bereich eingegangen. Aufgabengebiete und Funktionalitäten beispielhafter medizinischer Informationssysteme werden vorgestellt. Gleichzeitig wird auch auf die EDV-gestützte Vernetzung der verschiedenen Institutionen im Gesundheitswesen (Gesundheitstelematik, Telemedizin) sowie die Entstehung elektronischer Patientenakten eingegangen. Das Modul besteht aus einem Vorlesungsteil (2x 90 Minuten) und einem Teil für eigene praktische Übungen, in denen die jeweiligen Themen u.a. durch Informationsrecherche im Internet vertieft werden.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen • erläutern unterschiedliche Prozesse des Gesundheitswesens die durch IT-Systeme unterstützt werden. • unterscheiden zwischen der Vielzahl verschiedener IT-Systeme im Gesundheitswesen (z.B. klinische Arbeitsplatzsysteme, Elektronische Krankenakte, Abteilungssysteme in diagnostischen und therapeutischen Funktionsbereichen, Arztpraxissysteme, Apothekeninformationssysteme, Anwendungen zur Forschungs-IT) und deren Funktionalität • verstehen die Heterogenität der IT-Landschaften im Gesundheitswesen und die Herausforderungen in Bezug auf die Interoperabilität zwischen den Systemen Anwenden • identifizieren Kommunikationsprozesse im Krankenhaus • erfassen der passenden Kommunikations- und Nachrichtenstandards des Gesundheitswesens zur Etablierung von Schnittstellen • analysieren IT-Landschaften in Einrichtungen des Gesundheitswesens • konzipieren eine in sich konsistente Gesamt-IT-Architektur Analysieren • erschließen sich Prozessabläufe im Gesundheitswesen und können daraus notwendige IT-Systeme und deren Schnittstellen ableiten
7	Prerequisites	None

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 22980	IT- Service-, Sicherheits- und Risikomanagement im Krankenhaus IT, service, safety and risk management in hospitals	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt
5	Contents	In dieser Vorlesung wird ein Überblick über Methoden des IT-Servicemanagements (angelehnt an ITIL und die Norm ist ISO/IEC 20000) vorgestellt. Aufgrund seines engen Zusammenwirkens mit dem IT-Risikomanagementprozess (unter besonderer Berücksichtigung der Norm EIC 80001-1 bei der Einbindung von Medizinprodukten in medizinische Netzwerke) und den zugehörigen Prozessen des IT-Sicherheitsmanagements (ISO 27001) werden auch diese beiden Themen in der Vorlesung vorgestellt. Die Studenten lernen den Unterschied zwischen der eher technisch basierten Sicht auf Soft- und Hardwareartefakte und der an Geschäftsprozessen eines Krankenhauses orientierten Bereitstellung von IT-Services kennen. Alle Konzepte und Vorgehensweisen werden anhand praktischer Beispiele aus dem Krankenhausumfeld illustriert. Die Veranstaltung besteht aus einem Vorlesungsteil (1x 90 Minuten) (2 SWS) und einem Teil für eigene praktische inhaltliche Stoffarbeit, in denen ausgewählte Themen u.a. durch Informationsrecherche im Internet vertieft werden (Online-Übung). (2 SWS)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen • beschreiben die in der ITIL-Prozesslandkarte verankerten Prozesse und die damit verbundenen Kernkonzepte • beschreiben die verschiedenen Aufgabenstellungen im Kontext der IT-Bereitstellung und des IT-Betriebs eines Krankenhauses • erklären die Bedeutung eines servicebasierten IT-Planungs- und Betriebskonzepts • beschreiben Grundkonzepte des BSI Grundschutzes Analysieren • klassifizieren die ITIL Phasen (IT-Service Strategie, IT Service Design, IT Service Transition, IT Service Operation, Continual Service Improvement) • assoziieren die definierten ITIL-Prozesse Evaluieren (Beurteilen) • ◦ erschaffen Lösungen für Projekte zur Einführung eines IT-Servicemanagementsystems in Krankenhäusern ◦ übernehmen dabei in Eigeninitiative Teilaufgaben ◦ etablieren einen strukturierten IT-Risikomanagementprozess, inklusive dem

		Zusammenspiel zwischen IT-Risikomanagement und IT-Sicherheitsmanagement ° gestalten aktive Beiträge zum Aufbau eines IT-Sicherheitsmanagementsystems in einem Krankenhaus
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Achievement credit
11	Grading procedure	Achievement credit (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 22991	Klinische Datenwissenschaften Clinical data science	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Klinische Datenwissenschaften (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Dennis Toddenroth Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt	

4	Module coordinator	PD Dr. Dennis Toddenroth	
5	Contents	Der zunehmende Umfang elektronisch vorliegender klinischer Daten erweitert die Möglichkeiten, diese auch zur automatisierten Analyse bisher unentdeckter medizinischer Zusammenhänge und zur Erzeugung neuen medizinischen Wissens zu verwenden. Derartige Datenauswertungen hängen oft nicht von einzelnen Fragestellungen oder Hypothesen ab, insofern unterscheiden sich die angewendeten Methoden auch von entsprechend etablierten statistischen Verfahren. Die wissenschaftliche Nutzung von Patientendaten aus dem Behandlungsalltag bringt allerdings auch neue Herausforderungen mit sich, wie beispielsweise eine gezielte Berücksichtigung unterschiedlicher Datenstrukturen und vielfältiger klinischer Formulare. Diese Veranstaltung thematisiert die Anwendung automatisierter Auswertungsmethoden auf Patientendaten. Nach einem vergleichenden Überblick über das übliche Vorgehen zur Generierung medizinischen Wissens (biometrische Grundlagen u. Studientypen) werden Grundprinzipien und Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Verfahren zur automatisierten Datenanalyse behandelt; anschließend werden einzelne Methoden und Anwendungsbeispiele vertieft, und Ansätze zur statistischen Bewertung erläutert. Innerhalb der Veranstaltung wird eine praktische Einführung in die Programmiersprache R vermittelt (http://www.r-project.org/). Die Teilnehmer sollen sich dabei in praktischen Übungen auch selbständig in einzelne Analyseverfahren einarbeiten, um diese dann auf klinische Beispieldatensätze praktisch anzuwenden und die so erzeugten Beobachtungen kritisch zu interpretieren.	
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • erläutern Grundprinzipien und Einteilung von Machine-Learning-Verfahren. • verstehen Einteilung und Merkmale diverser relevanter klinischer Daten. • verstehen Charakteristika der Programmiersprache R und wenden diese an. • implementieren R-Skripte zur Anwendung von Machine-Learning-Verfahren auf Patientendaten. • überprüfen Resultate automatisierter Analysen vielfältiger klinischer Daten.	
7	Prerequisites	MSc-Studium in Informatik, Einführung in die Medizinische Informatik.	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Die Prüfungsform ist eine Klausur über 90 Minuten.
11	Grading procedure	Written or oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Han, Kamber, Pei: Data Mining - Concepts and Techniques (3rd ed.) • An Introduction to R (http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf) • Kourou et al.: Machine learning applications in cancer prognosis and prediction (2015) • Bellazzi and Zupan: Predictive data mining in clinical medicine: current issues and guidelines (2008)

1	Module name 92270	Maschinelles Lernen in der klinischen Bioinformatik Machine learning in clinical bioinformatics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Maschinelles Lernen in der klinischen Bioinformatik (Vorlesung mit Übung) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Meik Kunz	

4	Module coordinator	PD Dr. Meik Kunz
5	Contents	Methoden des Maschinellen Lernens gewinnen zunehmend an Bedeutung in der Bioinformatik. Insbesondere kann auf diese Weise die immer wachsende Datenflut systematisch ausgewertet und Muster erkannt werden, welche zu innovativen diagnostischen und therapeutischen Verfahren in der Medizin beitragen können. In der Vorlesung lernen die Studierenden fortgeschrittene Methoden und Konzepte des Maschinellen Lernens der Bioinformatik für die klinische Forschung kennen.
6	Learning objectives and skills	Studenten... Fachkompetenz Wissen • ◦ Methoden der Analyse von Hochdurchsatzdaten ◦ Methoden der Sequenzanalyse und Genvorhersage ◦ Methoden der Identifizierung und Analyse regulatorischer Elemente ◦ Methoden der RNA- und Proteinstrukturanalyse und -klassifikation ◦ Methoden der statistischen Analyse in der Bioinformatik ◦ Methoden der Bewertung von Klassifikationsmodellen ◦ Methoden des Clustering und Regression für die klinische Entscheidungsunterstützung ◦ Methoden der Dimensionsreduktion von Daten ◦ Methoden der funktionellen Enrichmentanalyse von biologischen Molekülen ◦ Methoden der Target-Interaktions-Vorhersage ◦ wenden fortgeschrittene Techniken und Algorithmen des Maschinellen Lernens auf medizinische Fragestellungen an Erschaffen entwickeln Analysewege und -skripte des Maschinellen Lernens für die Bioinformatik
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (20 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 93300	Einführung in die Medizinische Informatik Introduction to medical informatics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Werner Adler Prof. Dr. Wolfgang Uter PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt Prof. Dr. Oliver Amft PD Dr. Heiko Gaßner	

4	Module coordinator	Wolfgang Rödle
5	Contents	Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche: • Informationssysteme im Gesundheitswesen • Medizinische Biometrie und Epidemiologie • mHealth • Bioinformatik
6	Learning objectives and skills	Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte. Fachkompetenz Wissen • nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie • nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik Verstehen • Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern • Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren • Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären • einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen • Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen Akten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen • erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen

		• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern • erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung • erklären grundlegende statistische Tests • erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik • erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen • erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung Anwenden • wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten • wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an • wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an Analysieren • analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Electronic examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 742026	eHealth	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: eHealth (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Markus Deglmann Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt	

4	Module coordinator	Wolfgang Rödle
5	Contents	Im Rahmen dieses Moduls wird ein breiter Überblick zu Themen rund um das Thema "eHealth" (deutsch: Gesundheitstelematik) vorgestellt. Im Gesundheitswesen kommen sehr viele unterschiedliche Akteure (Ärzte, Techniker, Politiker etc.), Gesetze (Datenschutz, Medizinproduktegesetz, Ethik-Kommissionen etc.) und technische Hilfsmittel (eRezept, Telematikinfrastruktur, Datenintegrationszentren etc.) zum Einsatz. Diese sind auf verschiedene Wege sehr komplex miteinander verbunden. Die Verbindungen und Zusammenhänge werden in diesem Modul den Studierenden vermittelt.
6	Learning objectives and skills	Im Rahmen des Moduls soll ein Überblick der wichtigsten Themenbereich im Gesundheitswesen geschaffen werden sowie wichtige Begriffe, Konzepte und Beispiele aus dem Bereich des Gesundheitswesen mit starkem Bezug auf das E-Health-Gesetz und der Gesundheitstelematik vorgestellt und diskutiert werden. In den Online-Hausaufgaben bereiten die Studierenden sich vor und vertiefen die Themengebiete. • Überblick der Akteure im Gesundheitswesen • Stichworte im Gesundheitswesen (Datawarehouse, Quantified-Self, ETL-Prozesse, Machine-Learning, künstliche Intelligenz, Usability etc.) • Benutzerfreundlichkeit und Evaluationsmethoden • Ethik in der Medizin, Ethikkommission und Ethikanträge • Datenschutz • Medizinproduktegesetz • ETL-Prozess, Datawarehouse und Datenintegrationszentren • Digitalisierungswerkzeuge des Gesundheitswesen (eRezept, ePatientenakte, eMedikationsplan etc.) • Datenanalyse medizinischer Dokumentation • Anonymisierung und Pseudonymisierung von Daten Die Studierenden ... Fachkompetenz Wissen • geben die Akteure des Gesundheitswesen wieder • stellen die Verbindungen zwischen den Akteuren des Gesundheitswesen dar • erklären den Hintergrund der Ethik in der Medizin und kennen die Aufgaben der Ethikkommissionen in Deutschland • erklären den Umfang des Datenschutzes im medizinischen-technischen Bereich Verstehen

		• erklären Stichworte aus dem Gesundheitswesen mit Bezug auf Gesundheitstelematik (Datawarehouse, Quantified-Self, ETL-Prozess, Machine-Learning in der Medizin, künstliche Intelligenz in der Medizin, Benutzertauglichkeit / Usability in der Medizin etc.) • erklären Methoden aus dem Bereich der Benutzertauglichkeit (Usability) und Evaluationsmethoden • klassifizieren Medizinprodukte (inklusive Software) • erklären den Aufbau eines Datawarehouses und Datenintegrationszentren im medizinischen Bereich • erklären einen ETL-Prozess (ETL - Extract Transform Load) • kennen und beschreiben verschiedene Digitalisierungswerkzeuge im Gesundheitswesen (eRezept, ePatientenakte, eMedikationsplan etc.) • kennen Grundlegende Methoden zur Analyse von medizinischer/klinischer Dokumentation Anwenden • schreiben einen Ethikantrag • anonymisieren und pseudonymisieren medizinische Daten • erstellen eine Krankenakte, eKrankenakte und ePatientenakte
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination Die Prüfung ist eine e-Prüfung mit Anwesenheitspflicht. Die Prüfungsdauer beträgt 60 Minuten.
11	Grading procedure	Electronic examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	u.a. • Simon, Michael (2017). Das Gesundheitssystem in Deutschland - Eine Einführung in Struktur und Funktionsweise. ISBN 978-3-456-85743-5.DOI http://doi.org/10.1024/85743-000 • Aktuelle Nachrichten aus "Deutsches Ärzteblatt"

1	Module name 22932	Medizinische Terminologien und Ontologien Medical terminologies and ontologies	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	PD Dr. Dennis Toddenroth
5	Contents	Die Patientenversorgung sowie die medizinische Forschung basieren zunehmend auf wissensintensiven Prozessen. Eine elektronische Unterstützung dieser Prozesse und eine semantische Interoperabilität der beteiligten Informationssysteme erfordert hierbei regelmäßig eine technische Repräsentation der verarbeiteten Patientendaten sowie des angewendeten Wissens in standardisierten Terminologien und Ontologien. Nach Einführung in die Grundprinzipien der medizinischen Fachsprache thematisiert diese Veranstaltung Strukturen und Inhalte medizinisch relevanter Terminologien, die eigene Modellierung medizinischer Ontologien, sowie den Nutzen standardisierter Terminologien für moderne medizinische Forschungsinfrastrukturen sowie für die medizinische Computerlinguistik (Freitextverarbeitung).
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • erklären Besonderheiten des medizinischen Wissens und seiner Anwendung • erläutern die Grundprinzipien, Strukturen und Inhalte wichtiger medizinischer Terminologien und Ontologien • verwenden Verfahren und geeignete Werkzeuge zur technischen Implementierung eigener Ontologien aus nicht-technischen Wissensrepräsentationen • erklären den Nutzen standardisierter Ontologien für medizinische Forschungsinfrastrukturen sowie für die medizinische Computerlinguistik • wenden Ontologie-basierte Verfahren zur medizinischen Freitextverarbeitung an
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Terminology, Ontology and their Implementations (Peter L. Elkin, 2023)

Specialization: Physiology

1	Module name 22860	Biosignalverarbeitung Biosignal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Project/practical report
11	Grading procedure	Project/practical report (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 93300	Einführung in die Medizinische Informatik Introduction to medical informatics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Werner Adler Prof. Dr. Wolfgang Uter PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt Prof. Dr. Oliver Amft PD Dr. Heiko Gaßner	

4	Module coordinator	Wolfgang Rödle
5	Contents	Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche: • Informationssysteme im Gesundheitswesen • Medizinische Biometrie und Epidemiologie • mHealth • Bioinformatik
6	Learning objectives and skills	Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte. Fachkompetenz Wissen • nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie • nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik Verstehen • Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern • Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren • Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären • einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen • Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen Akten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen • erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen

		• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern • erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung • erklären grundlegende statistische Tests • erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik • erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen • erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung Anwenden • wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten • wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an • wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an Analysieren • analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Electronic examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

Specialization: Image processing

1	Module name 44145	Computer Architectures for Medical Applications Computer architectures for medical applications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Computer Architectures for Medical Applications (0 SWS) Vorlesung: Computer Architectures for Medical Applications (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Farhad Ebrahimiandaryani Prof. Dr. Gerhard Wellein Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey Sebastian Rachuj	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Basiskomponenten eines Rechners ◦ RISC-/CISC-Prozessoren ◦ Speicherarchitektur und -hierarchie (Caches, Arbeitsspeicher, Hauptspeicher) ◦ Parallele Programmierung ◦ Leistungsmodellierung von Multicore- und Parallelrechnern ◦ Umsetzung eines CT-Algorithmus auf GPUs und Multi-Core-Rechnern
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Studierende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie kennen konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen Studierende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. Anwenden Studierende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Studierende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterschiede gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Studierende erwerben die Fähigkeit selbstständig Programme zur Durchführung einer Beispiel CT-Analyse auf Parallelprozessoren zu erstellen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Oral mündliche Prüfung, 30 Min.
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 46820	CT Reconstruction	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation (20 minutes)
11	Grading procedure	Presentation (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 93300	Einführung in die Medizinische Informatik Introduction to medical informatics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Werner Adler Prof. Dr. Wolfgang Uter PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt Prof. Dr. Oliver Amft PD Dr. Heiko Gaßner	

4	Module coordinator	Wolfgang Rödle
5	Contents	Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche: • Informationssysteme im Gesundheitswesen • Medizinische Biometrie und Epidemiologie • mHealth • Bioinformatik
6	Learning objectives and skills	Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte. Fachkompetenz Wissen • nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie • nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik Verstehen • Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern • Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren • Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären • einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen • Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen Akten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen • erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen

		• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern • erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung • erklären grundlegende statistische Tests • erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik • erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen • erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung Anwenden • wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten • wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an • wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an Analysieren • analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Electronic examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 355271	Medical Physics in Nuclear Medicine Medical physics in nuclear medicine	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	PD Dr. Philipp Ritt
5	Contents	With this module, participating students should increase and consolidate their knowledge and understanding of medical physics in the field of Nuclear Medicine. For this, all necessary physical foundations and principles will be taught in order that the students are able to explain, interpret, and apply these (for example calculations for the interaction of photons and electrons with matter). With these foundations, the students compare different types of detectors for spatially-resolved photon detection, formulate the principles of imaging in nuclear medicine, and transfer this knowledge to 3-dimensional emission computed tomography. The students differentiate Positron Emission Tomography (PET) and Single-Photon Emission Computed Tomography (SPECT) and understand the principle of 3-D image reconstruction from projection data. They acquire differentiating criteria and quality metrics for image data and use them for assessing reconstruction- and correction methods of PET and SPECT. The students use their acquired knowledge of emission tomography and other imaging modalities such as CT and MRI in order to explain the function principle of multimodal devices such as SPECT/CT, PET/CT, and PET/MRI and in order to evaluate their pros and cons. The students differentiate the relevant application fields of Nuclear Medicine imaging, which are therapeutic, diagnostic and pre-clinical research and interpret the according image data. Based on the acquired competences and with methods obtained from literature review, the students develop solutions for image based dosimetry in Nuclear Medicine therapies and calculate radiation organ doses for representative data. The students translate theory, principle, and rationale of quality assurance of imaging devices to practice and explain the underlying effects. With help of rules and standards, the students understand principles and core of radiation protection and apply these to the field of Nuclear Medicine.
6	Learning objectives and skills	Competences: The students acquire professional and methodical competences in the following aspects: They are able to

		• understand and apply the physical principles of nuclear medicine • differentiate the multiple approaches of spatially resolved photon detection and apply them to 3-D emission tomography (PET, SPECT) • explain and differentiate multiple reconstruction methods such as e.g. back-projection and iterative reconstruction • distinguish the most important image-influencing effects (partial volume, attenuation, scattering) and outline according correction methods • characterize multimodal imaging devices (e.g. SPECT/CT, PET/CT), name and assess their pros and cons • describe and differentiate the most important clinical and pre-clinical applications of emission tomography • deduce and apply methods for image based dosimetry in Nuclear Medicine therapies • name appropriate quality control procedures of imaging devices and characterize/differentiate the underlying effects • report the legal and methodical principles of radiation protection and apply them to the field of Nuclear Medicine
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable First exam attempt only available in WS; SS exam only for mandatory repeat exam.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 741318	Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin (2 SWS) Übung: Übung - Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Meik Kunz Markus Deglmann Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt	

4	Module coordinator	PD Dr. Meik Kunz
5	Contents	Das Zeitalter des Big Data produziert immer größere Datenmengen in der Medizin, die es gilt, wissenschaftlich auszuwerten. Die Bioinformatik stellt Werkzeuge und Analysetools bereit, die erlauben, Muster und Zusammenhänge in Daten zu erkennen, welche zu einem besseren Verständnis von Krankheitsmechanismen und neuen diagnostischen und therapeutischen Ansätzen beitragen. In der Vorlesung lernen die Studierenden Grundlagen, Methoden und Konzepte der Bioinformatik für die medizinische Forschung kennen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • haben einen grundlegenden Überblick über Werkzeuge, Forschungsplattformen und Fragestellungen der Bioinformatik in Bezug auf die medizinische Anwendung • kennen grundlegende Konzepte, Algorithmen und statistische Grundlagen der Bioinformatik für die medizinische Forschung • kennen grundlegende Konzepte der Informationssysteme und Datamining für die Bioinformatik • kennen Methoden der Hochdurchsatz-Sequenzierung und Molekulardiagnostik • kennen Standardmethoden für DNA-, RNA- und Protein-Omicsanalysen • kennen Standardmethoden für das Drug-Targeting und die molekulare Modellierung • kennen grundlegende Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung (personalisierte Medizin) • können selbstständig bioinformatische Analysen für medizinische Fragestellungen durchführen Fachkompetenz Wissen • ◦ Methoden der Analyse von Hochdurchsatzdaten ◦ Methoden der Sequenzanalyse ◦ Methoden der RNA- und Proteinstrukturanalyse ◦ Methoden der statistischen Analyse in der Bioinformatik ◦ Methoden des Maschinellen Lernens für die klinische Entscheidungsunterstützung ◦ Methoden für das Drug-Targeting und die molekulare Modellierung

		◦ Methoden für die Modellierung von Signalwegen und biologischer Systeme ◦ wenden Techniken und Algorithmen der Bioinformatik auf biologische und medizinische Fragestellungen an Erschaffen entwickeln Analysewege und -skripte für bioinformatische Analysen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Die Prüfungsdauer ist 30 Minuten.
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 93109	Computational Magnetic Resonance Imaging Computational magnetic resonance imaging	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Florian Knoll
5	Contents	Computational Magnetic Resonance Imaging provides a deeper look into computational and machine learning methods for the inverse problem of MRI data acquisition and image reconstruction. It is organized as a series of lectures with accompanying programming exercises. In the exercises, students will use Matlab or Python and PyTorch to implement and test the different methods discussed in class. Topics covered will include but are not limited to: • Recap of MR signal and encoding, Fourier imaging • Introduction to the inverse problem of imaging • Partial Fourier imaging • Parallel imaging • Compressed sensing • Machine Learning in MRI
6	Learning objectives and skills	After completing this course, students will be able to: • Understand the theory and algorithms of MR data acquisition and image reconstruction • Apply them themselves in real-world MR imaging tasks
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Variable Participants have to solve weekly graded exercises. The final exam is a 60-minutes written exam.
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Variable (100%) The grade is determined by the final exam. The grade can be improved by up to 0.7 with bonus points that are awarded for successful completion of the exercises.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Z.P. Liang. Constrained Reconstruction Methods in MR Imaging. http://mri.beckman.illinois.edu/resources/liang_1992_constrained_imaging_review.pdf D. Nishimura. Principles of Magnetic Resonance Imaging. https://www.lulu.com/en/us/shop/dwight-nishimura/principles-of-magnetic-resonance-imaging/paperback/product-1nqdq4j2.html?page=1&pageSize=4 M. Bernstein. Handbook of MRI Pulse Sequences. https://www.amazon.com/Handbook-Pulse-Sequences-Matt-Bernstein/dp/0120928612

Specialization Biometrics

1	Module name 93300	Einführung in die Medizinische Informatik Introduction to medical informatics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Werner Adler Prof. Dr. Wolfgang Uter PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. med. Thomas Ganslandt Prof. Dr. Oliver Amft PD Dr. Heiko Gaßner	

4	Module coordinator	Wolfgang Rödle
5	Contents	Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche: • Informationssysteme im Gesundheitswesen • Medizinische Biometrie und Epidemiologie • mHealth • Bioinformatik
6	Learning objectives and skills	Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte. Fachkompetenz Wissen • nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie • nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik Verstehen • Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern • Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren • Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären • einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen • Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen Akten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen • erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen

		• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern • erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung • erklären grundlegende statistische Tests • erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik • erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen • erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung Anwenden • wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten • wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an • wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an Analysieren • analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Electronic examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

Computer-integrated production

1	Module name 94920	International Supply Chain Management International supply chain management	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: International Supply Chain Management (vhb) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Simon Schlichte Adrian Peter Wolfgang Hagen Prof. Dr.-Ing. Florian Risch	

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

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 94946	Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Produktion und Service Industry 4.0 - Application scenarios in production and service	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	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. Ziele: • Bewusstseins-schärfung bezüglich der Auswirkungen der Digitalisierung auf die produzierende Industrie • Verständnis von Geschäftstreibern, technischen Möglichkeiten und deren Wechselwirkungen in der produzierenden Industrie • Vermittlung Branchen- und Domänen-übergreifender Prozesse und Methoden in der produzierenden Industrie
6	Learning objectives and skills	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. Die Vorlesung ist auf Basis der folgenden Leitlinien aufgebaut: • Methodische und konsequente Trennung der Diskussion von Problemperspektive, konzeptioneller Lösungsperspektive und technischer Umsetzungsperspektive • Umfassendes Gesamtverständnis bezüglich der oft sehr vielschichtigen wirtschaftlichen und technischen Zusammenhänge (zu Lasten eines tiefen technischen Detaildiskussion) • Betonung des für einen Anwender gestifteten (geschäftlichen) Nutzens und der möglichen Alleinstellungsmerkmale für einen Standort Deutschland Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage: • die kontroversen und vielschichtigen Diskussionen im Umfeld der Digitalisierung in der Produzierenden Industrie in einen konsistenten Gesamtkontext einzuordnen

		• anhand repräsentativer Beispiele den Unterschied zu verstehen zwischen dem aktuellen Stand der Technik und Forschung sowie den durch Industrie 4.0 postulierten Innovationshypothesen • 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 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.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 35 h Independent study: 40 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 94951	Grundlagen der Robotik Fundamentals of robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Grundlagen der Robotik (0 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Robotik (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Sebastian Reitelshöfer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	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: • Bauformen, Begriffe, Definitionen, Historie, rechtliche Grundlagen und Roboterethik • Roboteranwendungen in Industrie, Service, Pflege und Medizin • Sensorik und Aktorik für Robotersysteme • Kinematik und Dynamik verschiedener Roboterbauformen • Steuerung, Regelung und Bahnplanung • Varianten der Roboterprogrammierung • Planung und Simulation von Robotersystemen • Robot Operating System (ROS) • Computer Vision (OpenCV)
6	Learning objectives and skills	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. Die Studierenden sind in der Lage: • Roboter hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu klassifizieren, das für eine vorgegebene Anwendung optimale Robotersystem auszuwählen und hierbei ethische und arbeitsschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen. • Robotersysteme auszulegen, zu entwickeln und die erforderlichen Bewegungsabläufe zu planen, • die für verschiedene Roboterapplikationen notwendige Sensorik und Aktorik auszuwählen, • Robotersysteme durch den Einsatz von Planungs- und Simulationswerkzeugen zu validieren

		• sowie Roboter mit Hilfe des Robot Operating Systems zu programmieren und zu steuern.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 95270	Die Werkzeugmaschine als mechatronisches System Machine tools as a mechatronic system	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm
5	Contents	• Bedeutung der Mechatronik im Werkzeugmaschinenbau • Grundlegende Begrifflichkeiten mit Bezug auf den Werkzeugmaschinenbau zu den Themen Mechanik, Elektrotechnik und Software • Analyse, Modellierung und Regelung von Werkzeugmaschinen • CNC-Steuerungstechnik für die Werkzeugmaschine • Parallelkinematik-Maschinen • Evolution der Drehmaschinen • Vertikale und horizontale IT-Integration
6	Learning objectives and skills	Nach Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage: • wesentliche mechatronische Komponenten der Werkzeugmaschine zu benennen und zu erläutern. • Modellversuche zur elektrischen Antriebstechnik durchzuführen. • eine analytische Vorgehensweise zur regelungstechnischen Modellbildung anzuwenden. • Regelungstechnische Möglichkeiten der elektrischen Antriebstechnik darzustellen. • die CNC Verfahrenskette vom CAD-Geometriemodell zur Werkzeugposition zu erklären. • Konsequenzen alternativer Maschinenkonzepte (Parallelkinematiken, modulare Maschinen) zu erläutern. • Werkzeugmaschinen als IT-Komponenten (horizontale und vertikale Integration und Kommunikation) darzustellen. • Mechatronische Systeme im allg. Maschinenbau anzuwenden und die Konzepte der Werkzeugmaschine auf andere Maschinenbau-Applikationen zu übertragen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 95340	Automotive Engineering I Automotive engineering	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	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. 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. Das Automobil ist zunehmend eines der komplexesten Industriegüter. Es ist geprägt durch gesellschaftliche Anforderungen, gesetzliche Restriktionen und unterschiedlichste Markt- und Kundenwünschen weltweit. Lernen Sie die Herausforderungen für die Ingenieurwissenschaften in der Automobilindustrie kennen, die Zusammenhänge verstehen und die Lösungen zu erarbeiten. Folgende thematischen Schwerpunkte werden im Modul behandelt: • Überblick über die Abläufe und Rahmenbedingungen für die Entwicklung in der Automobilindustrie. • Die Produktentstehung • Der Produktionsprozess in der Automobilindustrie • Integrierte Absicherung • Handelsorganisation: Markteinführung, Marketingkonzepte, Service und Aftermarket Strategien • Elektrifizierung, Hybrid, alternative Antriebe • Elektronik im Fahrzeug: Fahrerassistenz, Navigation, Kommunikation • Neue Technologien für die Herstellung von Karosserien • Passive und aktive Sicherheit. Trend und Markttendenzen, technische Lösungen • Entwicklung der Fahrdynamik • IT-Systeme in der Automobilindustrie • Spitzenleistungen als faszinierende Herausforderungen (Designstudien, Experimentalfahrzeuge, Rennsport) • Qualitätsmanagement
6	Learning objectives and skills	Nach besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

		• Einen Überblick über die Produktentstehung bis hin zur Serienentwicklung zu geben • Die Produktionsprozesse im Automobilbau zu verstehen • Supportprozesse wie die integrierte Absicherung zu verstehen • Die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Antriebstechnologien zu nennen • Einen Überblick von Elektrik und Elektronik im Fahrzeug zu haben • Einflüsse auf die Fahrzeugdynamik zu verstehen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 97101	Produktionssystematik Production systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Nach einem Besuch der Vorlesung Produktionssystematik sollen die Studierenden in der Lage sein: • Ziele, Strategien, Vision und Mission der Unternehmen beurteilen zu können; • sich in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmen zurecht zu finden; • die Inhalte der wesentlichen Kernprozesse produzierender Unternehmen zu kennen; • die technische und administrative Auftragsabwicklung nachzuvollziehen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211 Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 92880	Robotics Frameworks Robotics frameworks	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	Contents	• Basic concepts of robotics • Basic concepts of the Robot Operating System • Simulation of robots in virtual environments • Computer vision and machine learning in the context of robotics • Path and gripping grasp planning • Localization, mapping and navigation of mobile robots • Flow control with state machines for complex robot tasks • Introduction to relevant software frameworks for specific tasks (Robot Operating System, Gazebo, OpenCV, Tensorflow) • Solving a complex practical task as a team
6	Learning objectives and skills	In this module, students independently implement advanced tasks in robotics and related topics such as simulation, computer vision and machine learning using concrete examples. In doing so, the students deal with various established software frameworks and learn how to use them. Students are taught the following technical and methodological competences: After completing the module, students will be able to • Classify important terms of robotics • Understand the challenges of modern robotics in relation to complex tasks and develop approaches to solve them. • Analyse and practically apply complex issues in robotics (robotics frameworks, simulation tools and frameworks for image processing and artificial intelligence) • Explain and apply methods of robot motion control and planning • Explain the self-localisation of mobile robots and examine it using examples The students additionally acquire and train the following personal and social competences within the framework of the team task: After completing the module, the students can • Independently solve preparatory tasks • Organize their working time • Work together with other students in a group in a goal-oriented manner • Assess their own strengths and use them in a targeted way in the team performance

7	Prerequisites	Recommended Prerequisites : Basic knowledge of programming languages C++ and Python, additional information can be found on StudOn
8	Integration in curriculum	semester: 4
9	Module compatibility	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

Symbolic artificial intelligence

1	Module name 93134	Wissensrepräsentation und -verarbeitung Knowledge representation and processing	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase apl. Prof. Dr. Florian Rabe
5	Contents	Dieses Modul führt allgemein und grundlegend in die Wissensrepräsentation und -Verarbeitung ein. Dies beinhaltet alle Aspekte von Wissensrepräsentationssprachen und Wissen wie zum Beispiel Ontologiesprachen und Linked Data, Programmiersprachen und Algorithmen, Datenbeschreibungssprachen und Daten-Mengen, Logik und Beweise sowie natürliche Sprache und informelle Dokumente. Die Vorlesung behandelt all diese Aspekte grundlegend und vergleichend und geht eingehend auf die Integration und Interoperabilität der verschiedenen Aspekte ein. Die Übung vertieft dies im praktischen Umgang mit state-of-the-art Software-Systemen für die verschiedenen Aspekte. Das Modul kann belegt werden sowohl als Einstieg in weitere Module im Rahmen der Vertiefungsrichtung Künstlichen Intelligenz im Bachelor oder Master als auch als einmalige Überblicksvorlesung.
6	Learning objectives and skills	Die Teilnehmer erlernen und verstehen grundlegende Konzepte der Wissensrepräsentation und wie sie sie in der Praxis anwenden können. Konkret erlernen sie Wissensrepräsentationssprachen aus dem Bereich Ontologiesprachen, Programmiersprachen, Datenbeschreibungssprachen, Logik sowie natürliche Sprache. Sie verstehen die jeweiligen Vor- und Nachteile der und die Interrelationen zwischen den Sprachen. Sie erlernen, wie sie zu gegebenen Wissensrepräsentations-Problemen passende Sprachen auswählen, einsetzen und kombinieren können.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english

1	Module name 173107	Kommunikation und Parallele Prozesse Communication and parallel processes	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	Contents	• Beschriftete Transitionssysteme • Prozessalgebren • Starke und schwache Bisimulation • Das Linear-Time/Branching-Time-Spektrum • Partition Refinement • Hennessy-Milner-Logik • Modaler μ-Kalkül
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben elementare Definitionen und Fakten zu reaktiven Systemen wieder. Verstehen Die Studierenden • erläutern semantische Grundbegriffe, insbesondere Systemtypen und Systemäquivalenzen, und identifizieren ihre wesentlichen Eigenschaften • erläutern die Syntax und Semantik von Logiken und Prozesskalkülen • fassen wesentliche Metaeigenschaften von Logiken und Prozesskalkülen zusammen. Anwenden Die Studierenden • übersetzen Prozessalgebraische Terme in ihre denotationelle und operationelle Semantik • prüfen Systeme auf verschiedene Formen von Bsimilität • prüfen Erfüllung modaler Fixpunktformeln in gegebenen Systemen • implementieren nebenläufige Probleme in Prozessalgebren • spezifizieren das Verhalten nebenläufiger Prozesse im modalen μ-Kalkül. Analysieren Die Studierenden • leiten einfache Meta-Eigenschaften von Kalkülen her • wählen für die Lösung gegebener nebenläufiger Probleme geeignete Formalismen aus Evaluierten (Beurteilen) Die Studierenden

		• vergleichen prozessalgebraische und logische Kalküle hinsichtlich Ausdrucksmächtigkeit und Berechenbarkeitseigenschaften • hinterfragen die Eignung eines Kalküls zur Lösung einer gegebenen Problemstellung Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen. Sozialkompetenz Die Studierenden lösen abstrakte Probleme in kollaborativer Gruppenarbeit.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1;2;3;4
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio Die Note setzt sich zu je 50% zusammen aus der Note in einer bis zu 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Note aus dem Übungsbetrieb, in dem bis zu sechs Übungsblätter bearbeitet und abgegeben werden. Die Gesamtprüfung gilt nur dann als bestanden, wenn die mündliche Prüfung bestanden wird und im Übungsbetrieb mindestens 50% der Punkte erreicht werden.
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• Robin Milner, Communication and Concurrency, Prentice-Hall, 1989 • Julian Bradfield and Colin Stirling, Modal mu-calculi. In: Patrick Blackburn, Johan van Benthem and Frank Wolter (eds.), The Handbook of Modal Logic, pp. 721-756. Elsevier, 2006. • Jan Bergstra, Alban Ponse and Scott Smolka (eds.), Handbook of Process Algebra, Elsevier, 2006. • L. Aceto, A. Ingolfsdottir, K. Larsen and J. Srba, Reactive Systems, Cambridge University Press, 2011

1	Module name 599478	Praktische Semantik von Programmiersprachen Practical semantics of programming languages	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Tadeusz Litak
5	Contents	We study the foundations of the imperative and functional languages, including semantics and type systems. The special feature of this course is that theory is done in a very practical and hands-on way: we not just prove, but program all the results from first-principles. The basic tool used in the course is Coq proof assistant, which can be regarded as a functional programming language in its own right. It has been used, for example, to verify correctness of Java Card technology, C compilers or, more recently, fragments of x86 architecture.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen The students explain the basics of both programming semantics and proof assistants, in particular Coq. Verstehen The students prove theorems using a proof assistant. Anwenden The students transfer proofs into programs and programs into proofs. Analysieren The students examine behaviour of simple programs using formal semantics Evaluiieren (Beurteilen) The students evaluate the role played by logic and type theory in scientific approach to programming. Erschaffen The students provide formal semantics to a simple programming language.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Die Dauer der mündlichen Prüfung ist 30 Minuten, und es gibt 6 bewertete Übungsblätter während des Semesters / The duration of the oral exam is 30 minutes, and there are 6 graded exercise sheets during the semester.
11	Grading procedure	Oral (100%) Die Modulnote setzt sich zu 50% aus dem Ergebnis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung am Semesterende und zu 50% aus der Note für die Bearbeitung von 6 Übungsaufgabenblättern zusammen.

		The grade of the module is composed from the 30 minute oral exam at the end of the semester (50%) and from the grade in 6 exercise worksheets (50%).
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 56 h Independent study: 169 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Online book "Software Foundations" http://www.cis.upenn.edu/~bcpierce/sf/ Online books by Adam Chlipala: "Certified Programming with Dependent Types" http://adam.chlipala.net/cpdt/ and "Formal Reasoning About Programs" http://adam.chlipala.net/frap/ Supplementary reading on the theory of programming: Types and Programming Languages Benjamin C. Pierce, The MIT Press Supplementary reading on Coq: Interactive Theorem Proving and Program Development Coq'Art: The Calculus of Inductive Constructions Series: Texts in Theoretical Computer Science. An EATCS Series Bertot, Yves, Casteran, Pierre

1	Module name 787141	Algebraische und Logische Aspekte der Automatentheorie Algebraic and logical aspects of automata theory	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 806144	Beschreibungslogik und formale Ontologien Description Logics and Formal Ontologies	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	Contents	• Algorithmen für Aussagenlogik • Tableaukalküle • Anfänge der (endlichen) Modelltheorie • Modal- und Beschreibungslogiken • Ontologieentwurf
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben Definitionen der Syntax und Semantik verschiedener Wissensrepräsentationssprachen wieder und legen wesentliche Eigenschaften hinsichtlich Entscheidbarkeit, Komplexität und Ausdrucksstärke dar. Anwenden Die Studierenden wenden Deduktionsalgorithmen auf Beispielformeln an. Sie stellen einfache Ontologien auf und führen anhand der diskutierten Techniken Beweise elementarer logischer Metaeigenschaften. Analysieren Die Studierenden klassifizieren Logiken nach grundlegenden Eigenschaften wie Ausdrucksstärke und Komplexität. Sie wählen für ein gegebenes Anwendungsproblem geeignete Formalismen aus. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Beweise. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1;2;3;4
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio Die Note setzt sich zu je 50% zusammen aus der Note in einer bis zu 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Note aus dem Übungsbetrieb, in dem bis zu sechs Übungsblätter bearbeitet und abgegeben werden. Die Gesamtprüfung gilt nur dann als bestanden, wenn die mündliche Prüfung bestanden wird und im Übungsbetrieb mindestens 50% der Punkte erreicht werden.
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 165 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• M Krötzsch, F Simancik, I Horrocks; A description logic primer, arXiv, 2012 • F. Baader et al. (ed.): The Description Logic Handbook, Cambridge University Press, 2003 • M. Huth, M. Ryan: Logic in Computer Science, Cambridge University Press, 2004 • L. Libkin: Elements of Finite Model Theory, Springer, 2004

1	Module name 861501	Algebra des Programmierens Algebra of programming (lecture with practical)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Stefan Milius
5	Contents	Induktive Datentypen wie z.B. Listen, Stacks und Bäume werden abstrakt beschrieben. Strukturelle Induktion und Rekursion für solche Datentypen (z.B. die fold-Operation auf Listen) werden auf Grundlage der Initiale-Algebra-Semantik entwickelt. Dadurch werden verschiedene effektive Programmiertricks auf eine solide mathematische Grundlage gestellt. Grundlagen und Methoden der Kategorientheorie werden eingeführt und erklärt, insbesondere initiale Algebren und ihre Konstruktion. Evtl. werden Koalgebren behandelt, die es ermöglichen, verschiedene zustandsbasierte Systeme und ihre Semantik in einer einheitlichen Theorie zu studieren.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben elementare Definitionen und Fakten zu induktiven Datentypen, zustandsbasierten Systemen und grundlegenden kategoriellen Begriffen wieder Verstehen Die Studierenden • erklären grundlegende Begriffe und Konzepte der Kategorientheorie • beschreiben Beispiele dieser Begriffe und Konzepte • erläutern grundlegende kategorielle Ergebnisse und deren Beweise Anwenden Die Studierenden • wenden strukturelle Induktionsprinzipien (Definitions- und Beweisprinzip) auf Programmierbeispiele an • wenden strukturelle Kointduktionsprinzipien (Definitions- und Beweisprinzip) auf festgelegte Typen von zustandsbasierten Systemen (Koalgebren) an • übertragen kategorielle Begriffe auf verschiedene Spezialfälle der Informatik (abstrakte Datentypen und verschiedene Arten von Automaten) Analysieren Die Studierenden analysieren kategorielle Beweise, diskutieren die entsprechenden Argumentationen und legen diese schriftlich klar nieder. Erschaffen Die Studierenden

		• arbeiten strukturelle Induktions- und Koinduktionsprinzipien für neue Datentypen und zustandsbasierte Systeme als Spezialfall der Initiale-Algebra-Semantik und Terminale-Koalgebra-Semantik aus • kreieren kategorielle Begriffe, die Konzepte von konkreten Datentypen und Systemen abstrahieren Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden • beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen. • vollziehen mathematische Argumentationen nach, erklären diese, führen diese selbst und legen sie schriftlich nieder Sozialkompetenz Die Studierenden lösen Probleme in kollaborativer Gruppenarbeit und präsentieren erarbeitete Lösungen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Die Modulnote ergibt sich aus einer mündlichen Prüfung von 30 Minuten Länge.
11	Grading procedure	Oral (100%) Die Modulnote ergibt sich aus einer mündlichen Prüfung von 30 Minuten Länge.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 42 h Independent study: 183 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• R. Bird and O. de Moor: Algebra of Programming, Prentice Hall, 1996. • J. Adamek, H. Herrlich and G.E. Strecker: Abstract and Concrete Categories: The Joy of Cats, 2nd edition, Dover Publishers, 2009.

1	Module name 894856	Künstliche Intelligenz I Artificial intelligence I	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhasse
5	Contents	Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere formale Wissensrepräsentation, Heuristische Suche, Automatisches Planen und Schliessen unter Unsicherheit. --- This module covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.
6	Learning objectives and skills	- Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen. - Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben). - Analyse: Die Studierenden lernen die über die modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. Sozialkompetenz - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen *Inhalt*: - Agentenmodelle als Grundlage der Künstlichen Intelligenz - Logisches Programmieren in Prolog - Heuristische Suche als Methode zur Problemlösung - Zwei-Agenten-Suche (automatisierung von Brettspielen) mittels heuristischer Suche - Constraint Solving/Propagation - Logische Sprachen für die Wissensrepräsentation - Inferenz and Automatisiertes Theorembeweisen (DPLL-Varianten und PL1)_ - Classisches Planen - Planen und Agieren in der wirklichen Welt. --- Technical, Learning, and Method Competencies - Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI. - Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks). - Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better. - Social Competences: Students work in small groups to solve an AI game-play challenge/competition (Kalah). Contents: Foundations of symbolic AI, in particular:

		- Agent Models as foundation of AI - Logic Programming in Prolog - Heuristic Search as a method for problem solving - Adversarial Search (automating board games) via heuristic search - Constraint Solving/Propagation - Logical Languages for knowledge representation - Inference and automated theorem proving - Classical Planning - Planning and Acting in the real world.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) 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	Grading procedure	Written examination (100%) 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	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009. Deutsche Ausgabe: Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1.

1	Module name 984981	Modallogik Modal logic	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Modallogik (4 SWS)	7,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Lutz Schröder	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	Contents	• Relationale Modallogiken • Ausdrucksstärke • Axiomatisierung und Vollständigkeit • Entscheidbarkeit und Komplexität • Programmverifikation mittels dynamischer und temporaler Logiken • Modaler mu-Kalkül • Koalgebraische Logik
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen, Axiomatisierungen und Resultate aus der Metatheorie der Modallogik wieder. Anwenden Die Studierenden führen beispielhaft Beweise in modallogischen Deduktionssystemen und wenden modallogische Schlussfolgerungsalgorithmen korrekt an. Sie instanziierten gängige Vollständigkeitskriterien auf konkrete Modallogiken. Analysieren Die Studierenden teilen Logiken gemäß ihrer metalogischen Eigenschaften wie Axiomatisierbarkeit, Entscheidbarkeit oder Komplexität ein; sie wählen für gegebene Anwendungszwecke geeignete Logiken aus. Erschaffen Die Studierenden führen selbständig metatheoretische Beweise über Modallogiken. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Beweise. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1;2;3;4
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%) Die Note setzt sich zu je 50% zusammen aus der Note in einer bis zu 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Note aus dem Übungsbetrieb, in dem bis zu sechs Übungsblätter bearbeitet und abgegeben werden. Die Gesamtprüfung gilt nur dann als bestanden,

		wenn die mündliche Prüfung bestanden wird und im Übungsbetrieb mindestens 50% der Punkte erreicht werden.
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Sally Popkorn, [First Steps in Modal Logic], 314 pages, Cambridge University Press, 1994. Patrick Blackburn, Maarten de Rijke and Yde Venema, [Modal Logic], 554 pages, Cambridge University Press, 2001. Alexander Chagrov and Michael Zakharyashev, [Modal Logic], 605 pages, Oxford University Press, 1997.

1	Module name 44640	Introduction to Dependently Typed Programming Introduction to Dependently Typed Programming (IDenT)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Sergey Goncharov
5	Contents	The course provides an introduction to dependently typed programming using Agda as the running programming language for practical exercises. The idea of the course is to present theoretical and practical aspects of dependent type theory through the lens of logic, programming, their connection via the propositions-as-types paradigm and explore the applications of these concepts to functional programming and verification.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Students demonstrate an understanding of the role of dependent types and the propositions-as-types paradigm in the context of functional programming and as a semantic mechanism for programming and system specification; Students reproduce the main definitions and results on dependent type semantics and higher order logic, and explain them from a programming perspective. Anwenden Students use dependent types to formalise examples, formulate and prove the corresponding verification goals. Students use their theoretic knowledge in dependent type theory for implementing practical problems in concrete programming languages, specifically in Agda. Analysieren Students analyse programming challenges, reduce larger tasks to subtasks and correspondingly organise their implementations in a modular fashion, by using the available abstraction mechanisms of dependently typed programming. Students formulate and prove verification goals in a modular way and use interactive mechanisms of the Agda programming environment both to conduct the proofs and to facilitate the development process. Selbstkompetenz Students will be regularly provided with small challenges in form of exercises to be able to have a gradual progress with the lecture material.
7	Prerequisites	Als empfohlene Voraussetzung ist "Grundlagen der Logik in der Informatik" ausreichend. Alternativ sind allgemeine mathematische und logische Grundkenntnisse, die Sie auf jegliche Art und Weise erworben haben, ebenfalls geeignet. Stellen Sie sicher, dass Sie die folgenden Beispielfragen sicher beantworten können, um zu beurteilen, ob der Kurs für Sie geeignet ist (eine richtige Antwort muss nicht eindeutig sein, aber wenn Sie die Frage im Wesentlichen verstehen, sollte es kein Problem sein):

		- Wann sind zwei Funktionen, sagen wir f und g, von einer Menge A zu einer Menge B gleich? - Wann sind zwei Mengen gleich? - Wann eine Relation zwischen zwei Mengen A und B eine Funktion ist? - Wenn eine Implikation $A \rightarrow B$ falsch ist, muss dann auch A falsch sein? Muss B falsch sein? - Verstehen Sie das Prinzip des "Beweis durch Widerspruch"? - Was ist das (Kartesische) Produkt von zwei Mengen? - Was ist eine disjunkte Vereinigung von zwei Mengen? - Was ist das Prinzip der vollständigen Induktion? - Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen endlichen binären Bäumen und Termen über einer finitären Signatur. Welche Aritäten die beteiligten Operationen haben werden? - Was sind Boolesche Konstanten? - Wie lautet die Definition der Fakultätsfunktion? Wie lautet die Definition der Fibonacci-Zahlen? - Wie lautet die Formel zur Berechnung der Summe der vollen Quadrate $1^2 + \dots + n^2$? - Was ist die Definition einer teilweise geordneten Menge? - Was ist eine Äquivalenz?
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30, benotet, 7.5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Weitere Erläuterungen: Die Modulnote setzt sich zu 50% aus dem Ergebnis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung am Semesterende und zu 50% aus der Note für die Bearbeitung von 6 Übungsaufgabenblättern zusammen. Prüfungssprache: Englisch
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Ulf Norell and James Chapman. Dependently Typed Programming in Agda. • Ana Bove and Peter Dybjer. Dependent Types at Work. • Ana Bove, Peter Dybjer, and Ulf Norell. A Brief Overview of Agda - A Functional Language with Dependent Types • Yoshiki Kinoshita. On the Agda Language

	• Anton Setzer. Lecture notes on Interactive Theorem Proving. • Daniel Peebles. Introduction to Agda. Video of talk from the January 2011 Boston Haskell session at MIT. • Conor McBride. Introduction to Dependently Typed Programming using Agda. • Andreas Abel. Agda lecture notes. • Jan Malakhovski. Brutal [Meta]Introduction to Dependent Types in Agda • Thorsten Altenkirch. Computer Aided Formal Reasoning • Daniel Licata. Dependently Typed Programming in Agda • Tesla Ice Zhang. Some books about Formal Verification in Agda (in Chinese) • Phil Wadler. Programming Languages Foundations in Agda • Aaron Stump. Verified Functional Programming in Agda • Diviánszky Péter. Agda Tutorial • Musa Al-hassy. A slow-paced introduction to reflection in Agda

1	Module name 93076	Formale Verifikation Formal methods of software development	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Tadeusz Litak
5	Contents	In the first part of the course, we will engage in the formal verification of reactive systems. Students learn the syntax and semantics of the temporal logics LTL, CTL, and CTL** and their application in the specification of e.g. safety and liveness properties of systems. Simple models of systems are designed and verified using model checkers and dedicated frameworks for asynchronous and synchronous reactive systems, and the algorithms working in the background are explained. The second part of the course focuses on functional correctness of programs; more precisely, we discuss the theory of pre- and postconditions, Hoare triples, loop invariants, and weakest (liberal) preconditions, in order to introduce automatised correctness proofs using the Hoare calculus.
6	Learning objectives and skills	Students are going to acquire the following competences: Fachkompetenz Wissen • Reproduce the definition of syntax and semantics of temporal logics LTL, CTL, and CTL**. • Reproduce the definition of semantics of a simple programming languages like IMP, with special focus on axiomatic semantics (Hoare rules). • Explain how CTL can be characterised in terms of fixpoints. Verstehen The students understand the workings of state of the art automatic frameworks, clarifying the role of model checking algorithms, semantics and Hoare calculi in formal verification. Anwenden In a series of exercises, the students use state of the art tools for • model checking • specification and verification of reactive systems, • verification of functional correctness or memory safety of simple programs. Analysieren • Choose the optimal tool for a given verification or specification problem.

		• Differentiate between safety and liveness properties. • Contrast several related temporal logics (LTL, CTL, CTL**) and properties expressible/inexpressible in each of them.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Die Note setzt sich zu je 50% zusammen aus der Note in einer bis zu 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Note aus dem Übungsbetrieb, in dem bis zu sechs Übungsblätter bearbeitet und abgegeben werden. Die Gesamtprüfung gilt nur dann als bestanden, wenn die mündliche Prüfung bestanden wird und im Übungsbetrieb mindestens 50% der Punkte erreicht werden.
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 56 h Independent study: 169 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	• G. Winskel: The Formal Semantics of Programming Languages: An Introduction, The MIT Press, 1993. • M. Huth, M. Ryan: Logic in Computer Science, Cambridge University Press, 2. Aufl., 2004.

1	Module name 93064	Knowledge Representation for Mathematical Theories Project Symbolic Natural Language Processing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Knowledge Representation for Mathematical Theories none	-
3	Lecturers	Dr.-Ing. Dennis Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Contents	This course covers the • foundations of mathematics, • modular formalizations in theory graphs, • narrative structures in informal mathematical/technical documents, and • the formalization of logical languages in meta-logical frameworks. This course focuses on the theoretical aspects, practical experiences can be gained in the project course "Project Knowledge Representation for Mathematical Theories"
6	Learning objectives and skills	Students learn to understand advanced concepts of logics, inference calculi, metalogical frameworks, and modular knowledge representation and apply them to mathematical theories. They become familiar to modeling complex terminological systems in the MMT system (Meta- Meta Language).
7	Prerequisites	The course builds on knowledge about propositional and first-order logic as they are covered e.g. in the course Artificial Intelligence I by the same instructor. Without prior exposure, working familiarity to, and a liking of formal logic and inference methods the course is very hard as they need to be reviewed in parallel to the course.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%) The grade is determined by a 60 min exam. Given that the exam has been passed, 10% bonus points can be reached by weekly online quizzes.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

16	Bibliography	There is no book, only very detailed course notes at https://kwarc.info/teaching/KRMT/notes.pdf

1	Module name 43355	Symbolic Methods for AI	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Symbolic Methods in Artificial Intelligence	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Kohlhase	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Contents	SMAI introduces students to the scientific methods used in Symbolic AI. It is geared towards closing the gap many students experience between their engineering-oriented undergraduate education and the abstract mathematical methods needed in the courses in the Symbolic AI Pillar of the Master AI at FAU (e.g. the AI-1 course). Concretely, the course will cover/recap basic math/CS topics including the following: • sets, functions, relations, products, power sets, quotients • trees, graphs • transition systems, automata • complexity (basics and practice) • context-free grammars, languages, syntax trees • recursive functions, syntax tree traversals • datatypes: options, lists, inductive types, polymorphic functions • mathematical structures/record types, magma hierarchy, bin-rel hierarchy • mathematical argumentation and proofs, in particular all forms of induction • basics of formal proof systems (propositional logic) • typed programming languages, recursive programming (functional/logic programming)
6	Learning objectives and skills	
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

Subsymbolic AI/Machine learning

1	Module name 44120	Pattern Analysis Pattern analysis	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Pattern Analysis (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Christian Riess	

4	Module coordinator	Christian Riess
5	Contents	This lecture is the sequel to the lecture "Pattern Recognition". As such, it covers topics from the chapters 8-14 from the book "Pattern Recognition and Machine Learning" by Christopher Bishop. These topics include various aspects of Bayesian modeling, including (but not limited to) probabilistic graphical models, mixture modeling, variational inference, sampling methods, manifold learning, Markov random fields, hidden Markov models, tree-based methods and ensembling.
6	Learning objectives and skills	The students • explain the discussed methods for classification, prediction, and analysis of patterns, • compare and analyze methods for manifold learning and select a suited method for a given set of features and a given problem, • compare and analyze methods for probability density estimation and select a suited method for a given set of features and a given problem, • apply non-parametric probability density estimation to pattern analysis problems, • apply dimensionality reduction techniques to high-dimensional feature spaces, • explain statistic modeling of feature sets and sequences of features, • explain statistic modeling of statistical dependencies
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (60 minutes) Die Prüfung ist eine schriftliche Klausur mit Multiple Choice mit einer Dauer von 60 Minuten. / The form of examination is a written exam with multiple choice with a duration of 60 minutes.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Begleitende Literatur / Accompanying literature: • C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006 • T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, 2nd Edition, Springer Verlag, 2009 • A. Criminisi and J. Shotton: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Springer, 2013

1	Module name 44130	Pattern Recognition Pattern recognition	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods: • Bayesian classifier • Logistic Regression • Naive Bayes classifier • Discriminant Analysis • norms and norm dependent linear regression • Rosenblatt's Perceptron • unconstraint and constraint optimization • Support Vector Machines (SVM) • kernel methods • Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs) • Independent Component Analysis (ICA) • Model Assessment • AdaBoost Mathematische Grundlagen der maschinellen Klassifikation am Beispiel folgender Klassifikatoren: • Bayes-Klassifikator • Logistische Regression • Naiver Bayes-Klassifikator • Diskriminanzanalyse • Normen und normabhängige Regression • Rosenblatts Perzeptron • Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen • Support Vector Maschines (SVM) • Kernelmethoden • Expectation Maximization (EM)-Algorithmus und Gaußsche Mischverteilungen (GMMs) • Analyse durch unabhängige Komponenten • Modellbewertung • AdaBoost
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster • erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren • wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsproblem an

		• beurteilen unterschiedliche Klassifikatoren in Bezug auf ihre Eignung • verstehen in der Programmiersprache Python geschriebene Lösungen von Klassifikationsproblemen und Implementierungen von Klassifikatoren Students • understand the structure of machine learning systems for simple patterns • explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques • apply classification techniques in order to solve given classification tasks • evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem • understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python
7	Prerequisites	• Well grounded in probability calculus, linear algebra/matrix calculus • The attendance of our bachelor course 'Introduction to Pattern Recognition' is not required but certainly helpful. • Gute Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Linearer Algebra/Matrizenrechnung • Der Besuch der Bachelor-Vorlesung 'Introduction to Pattern Recognition' ist zwar keine Voraussetzung, aber sicherlich von Vorteil.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english english
16	Bibliography	• Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&Sons, New York, 2001 • Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009 • Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006

1	Module name 44455	Speech and Language Processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Speech and Language Understanding (2 SWS) Übung: Speech and Language Understanding Exercises (0 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Abner Hernandez Alexander Barnhill	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	Nach Behandlung der grundlegenden Mechanismen menschlicher Spracherzeugung und Sprachwahrnehmung gibt die Vorlesung eine detaillierte Einführung in (vornehmlich) statistisch orientierte Methoden der maschinellen Erkennung gesprochener Sprache. Schwerpunktthemen sind Merkmalgewinnung, Vektorquantisierung, akustische Sprachmodellierung mit Hilfe von Markovmodellen, linguistische Sprachmodellierung mit Hilfe stochastischer Grammatiken, prosodische Information sowie Suchalgorithmen zur Beschleunigung des Dekodiervorgangs. After focussing on of the basic mechanisms of human speech generation and speech perception the lecture gives a detailed introduction to (mainly) statistically oriented methods of automatic recognition of spoken language. Main topics are feature extraction, vector quantization, acoustic speech modeling with the help of Markov models, linguistic speech modeling with the help of stochastic grammars, prosodic information as well as search algorithms to speed up the decoding process.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Grundlagen der menschlichen Sprachproduktion und die akustischen Eigenschaften unterschiedlicher Phonemklassen • erklären den allgemeinen Aufbau eines Mustererkennungssystems • verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung in Bezug auf Sprachsignale • verstehen die Fourier-Transformation und mathematische Modelle der Sprachproduktion • verstehen harte und weiche Vektorquantisierungsmethoden • verstehen unüberwachtes Lernen (EM-Algorithmus) • verstehen Hidden Markov-Modelle (HMMs) • erklären stochastische Sprachmodelle The students • understand the principles of human speech production and acoustic properties of the different phoneme classes • explain the general pipeline of a pattern recognition system

		• understand sampling, the sampling theorem, and quantization w.r.t. speech signals • understand Fourier transformation and mathematical models of speech production • understand hard and soft vector quantization methods • understand unsupervised learning (EM-algorithm) • understand Hidden Markov Models (HMMs) • explain stochastic language models
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Niemann H.: Klassifikation von Mustern; Springer, Berlin 1983 • Niemann H.: Pattern Analysis and Understanding; Springer, Berlin 1990 • Schukat-Talamazzini E.G.: Automatische Spracherkennung; Vieweg, Wiesbaden 1995 • ◦ Rabiner L.R., Juang B.H.: Fundamentals of Speech Recognition; Prentice Hall, New Jersey 1993

1	Module name 639119	Music Processing Analysis - Lecture and Exercise Music processing analysis - Lecture and exercise	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Meinard Müller
5	Contents	Music signals possess specific acoustic and structural characteristics that are not shared by spoken language or audio signals from other domains. In fact, many music analysis tasks only become feasible by exploiting suitable music-specific assumptions. In this course, we study feature design principles that have been applied to music signals to account for the music-specific aspects. In particular, we discuss various musically expressive feature representations that refer to musical dimensions such as harmony, rhythm, timbre, or melody. Furthermore, we highlight the practical and musical relevance of these feature representations in the context of current music analysis and retrieval tasks. Here, our general goal is to show how the development of music-specific signal processing techniques is of fundamental importance for tackling otherwise infeasible music analysis problems.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen • Die Studierenden stellen zentrale Aufgabenstellungen der Musikverarbeitung in eigenen Worten dar und skizzieren Lösungsansätze. • Die Studierenden verstehen die Eigenschaften von unterschiedlichen Darstellungsformen von Musik. • Die Studierenden interpretieren Signaleigenschaften anhand von Visualisierungen (Exercise). Anwenden • Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen zur Analyse und zum Vergleich von Musiksignalen an. • Die Studierenden können voraussagen, wie sich unterschiedliche musikalische Eigenschaften bei der Signalanalyse auswirken. • Die Studierenden implementieren Algorithmen zur Analyse, zum Vergleich und zur inhaltsbasierten Suche von Musiksignalen (Exercise). Analysieren • Die Studierenden beobachten und diskutieren die Bedeutung und Auswirkung von Parametern bei der Musikanalyse. • Die Studierenden stellen unterschiedliche Verfahren bei der Analyse von Periodizitäten gegenüber. • Die Studierenden analysieren und erforschen Eigenschaften von Musiksignalen mittels automatisierter Methoden (Exercise).

		- Die Studierenden klassifizieren und strukturieren Musikdaten mittels Lernverfahren (Exercise). Evaluieren (Beurteilen) - Die Studierenden hinterfragen Annahmen, die implizit bei der Verwendung von Analysemethoden gemacht werden. - Die Studierenden schätzen ein, wann Methoden bei der Analyse von gewissen Musiksignalen funktionieren könnten und wann sie typischerweise versagen. - Die Studierenden evaluieren automatisierte Methoden mittels geeigneter Evaluationsmaße unter Verwendung von manuell erstellten Annotationen (Exercise). Erschaffen - Die Studierenden bereiten sich auf die Vorlesung anhand ausgewählter Literatur vor. - Die Studierenden hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis. - Die Studierenden beachten Fragen der Effizienz bei den diskutierten Algorithmen. - Die Studierenden entwickeln praktische Lösungswege für Problem in der Musikverarbeitung (Exercise) - Die Studierenden hinterfragen ihr Verständnis von dem Gelernten anhand von Übungsaufgaben. - Die Studierenden formulieren Fragen und stellen diese in der Vorlesung an den Dozenten und die Zuhörerschaft. - Die Studierenden nutzen Verbesserungshinweise des Betreuers und der Tutoren zur Verbesserung ihrer Lernstrategien (Exercise). - Die Studierenden organisieren selbständig Lerngruppen, in denen der Stoff diskutiert und vertieft wird. - Die Studierenden simulieren mit ihren Kommilitonen mündliche Prüfungen. - Die Studierenden entwickeln und implementieren Software im Team (Exercise). - Die Studierenden geben Kommilitonen im Rahmen ihrer Zusammenarbeit wertschätzendes Feedback (Exercise).
7	Prerequisites	In this course, we discuss a number of current research problems in music processing or music information retrieval (MIR) covering aspects from information science and digital signal processing. We provide the necessary background information and give numerous motivating examples so that no specialized knowledge is required. However, the students should have a solid mathematical background. The lecture is accompanied by readings from textbooks or the research literature. Furthermore, the students are required to experiment with the presented algorithms using Python.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211

		Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes) Die Prüfung ist eine mündliche Prüfung mit einer Dauer von 30 Minuten. / The form of examination is an oral exam of 30 minutes.
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Meinard Müller Fundamentals of Music Processing Using Python and Jupyter Notebooks 2nd edition, 495 p., hardcover ISBN: 978-3-030-69807-2 Springer, 2021 http://www.music-processing.de/ https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP

1	Module name 93873	Advanced Deep Learning Advanced deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Vincent Christlein
5	Contents	Deep Learning-based algorithms showed great performance in many fields of image processing and pattern recognition and compete with technologies such as compressive sensing and iterative optimization. The basis for the success of these algorithms is the availability of large amounts of data (big data) for training and of high computing power (typically GPUs or TPUs). In this course we will explore advanced deep learning methods. In particular, we will aim to develop a deeper understanding of topics beyond SGD optimization, CNNs and simple RNN networks, for example: attention in neural networks, self- and unsupervised learning, representation learning, multi-task and multi-modal learning, as well as diffusion and energy-based models. The selection of topics will be continuously adapted to reflect current research interests at high-impact conferences like CVPR, ICCV/ECCV, NeurIPS, ICLR and ICML. The goal of this is course is to develop both a sound theoretical understanding of these approaches and identify areas of application for these advanced techniques. This will be complemented by programming exercises to facilitate an in-depth understanding. Where suitable, we will further discuss ethical and societal implications of the discussed machine learning methods.
6	Learning objectives and skills	By the end of this course, students will be able to: • understand advanced techniques in deep learning • identify a suitable approach as well as its benefits and shortcomings • discuss the technical requirements of different approaches • read and discuss recent papers in the discipline
7	Prerequisites	We strongly recommend students to have acquired a thorough understanding of fundamental Machine Learning and Deep Learning techniques, e.g., from the lecture + exercises "Deep Learning". Furthermore, programming experience in Python and Pytorch will be necessary to complete the exercises.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail)

		Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 93185	Reinforcement Learning Reinforcement learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Reinforcement Learning (4 SWS)	-
3	Lecturers	Dr.-Ing. Christopher Mutschler	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Christopher Mutschler
5	Contents	The lecture aims at teaching Reinforcement Learning (RL) and will cover the following topics: • Introduction to Reinforcement Learning (Agent-Environment-Interface, Markov Decision Processes) • Dynamic Programming (Bellman Equations, Value Iteration, Policy Iteration) • Model-Free Prediction • Model-Free Control • Value Function Approximation (Linear VFA and DQNs) • Policy-based Reinforcement Learning (Monte-Carlo Policy Gradient, Advantage Estimators, TRPO, PPO) • Model-based RL • Offline RL • Explainable RL • Exploration-Exploitation • Simulation to Reality Transfer • Research frontiers & hot topics, Sim2Real & Real-World Applications
6	Learning objectives and skills	The students will learn to • understand the basic principle behind sequential decision making problems and how to translate them into a formal model • compare and analyze methods different agents to search for policies • implement the presented methods in PyTorch, • discuss the social impact of applications that automate decision making
7	Prerequisites	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	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (90 minutes) • The examination will include a written exam of 90 minutes at the end of the semester • 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) Please note that the exam will only take place in summer terms.

11	Grading procedure	Variable (100%) Written Exam (100 %)
12	Module frequency	Only in summer semester The lecture and exam will only be able during summer terms.
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. 2018. Reinforcement Learning: An Introduction. A Bradford Book, Cambridge, MA, USA. • Bellman, R.E. 1957. Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, NJ. Republished 2003: Dover, ISBN 0-486-42809-5. • Csaba Szepesvari and Ronald Brachman and Thomas Dietterich. 2010. Algorithms for Reinforcement Learning. Morgan and Claypool Publishers. • Warren B. Powell. 2011. Approximate Dynamic Programming. Wiley. • 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. • Dimitri P. Bertsekas. 2017. Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific. • Miguel Morales. 2020. grokking Deep Reinforcement Learning. Manning. • Laura Graesser and Keng Wah Loon. 2019. Foundations of Deep Reinforcement Learning: Theory and Practice in Python. Addison-Wesley Data & Analytics.

1	Module name 330467	Multimedia Security Multimedia security	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Christian Riess
5	Contents	This lecture covers a variety of security-related topics around multimedia data. In particular, the lecture presents algorithms and key results from the past 15 years in multimedia security, including topics on image forensics, steganography, watermarking, and biometrics. Selected algorithms are implemented and tested by the participants. It is helpful to bring some knowledge in signal processing or pattern recognition. It is also helpful to be not afraid from equations. Tentative list of topics and algorithms: • Image forensics for manipulation detection in digital media. Statistical and physics-based features for manipulation detection. Detecting traces of manipulations versus validating image authenticity. • Blind source attribution: was an image or video captured with a particular camera? • Steganography for covert communication. Fundamental algorithms, when can their application be detected? • Watermarking for copyright protection in images/video. Fundamental algorithms, and their security. • Biometric features for person re-identification, and practical concerns on their implementation.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen Die Studierenden fassen die wesentlichen Fragestellungen auf dem Gebiet der Multimediasicherheit zusammen (The participants summarize the relevant questions within the field of multimedia security). Die Studierenden nennen und erklären die wesentlichen Fachbegriffe aus den Teilgebieten der Multimediasicherheit (The participants name and explain relevant terms from the subfields of multimedia security). Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden bewerten die Eignung der vorgestellten bildforensischen Algorithmen für ein gegebenes Untersuchungsszenario (The participants evaluate the suitability of the presented image forensics algorithms for a given examination scenario). Erschaffen Die Studierenden implementieren kurze Beispielsprogramme für ausgewählte Algorithmen der Multimediasicherheit (The participants implement short example programs for selected algorithms of multimedia security). Lern- bzw. Methodenkompetenz

		Die Studierenden implementieren ausgewählte Methoden in der Programmiersprache C++ (The participants implement selected methods in the C++ programming language). Sozialkompetenz Die Studierenden implementieren und diskutieren Beispielsmethoden in Gruppenarbeit (The participants implement and discuss the example method in groups). Die Studierenden diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkung von Multimediasicherheit am Beispiel aktueller Probleme (The participants discuss multimedia security's impact on society using current issues).
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	begleitend zu der Veranstaltung: • Husrev Sencar, Nasir Memon (Editors): "Digital Image Forensics. There is More to a Picture than Meets the Eye", Springer 2013. • Hany Farid: "Photo Forensics", MIT Press, 2016.

1	Module name 532733	Künstliche Intelligenz II Artificial intelligence II	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Artificial Intelligence II (4 SWS) Übung: Übungen zu Artificial Intelligence II (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhasse
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Fach- Lern- bzw. Methodenkompetenz - Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen. - Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben). - Analyse: Die Studierenden lernen über die Modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. Sozialkompetenz - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen. Inhalte: • Inferenz unter Unsicherheit • Bayessche Netzwerke • Rationale Entscheidungstheorie (MDPs and POMDPs) • Maschinelles Lernen und Neuronale Netzwerke • Verarbeitung Natürlicher Sprache --- This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular reasoning under uncertainty, machine learning and (if there is time) natural language understanding. This course builds on the course Artificial Intelligence I from the preceding winter semester and continues it. Learning Goals and Competencies Technical, Learning, and Method Competencies • Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI. • Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks). • Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better. • Social Competences: Students work in small groups to solve the and machine learning challenge/competition. Contents: • Inference under Uncertainty

		• Bayesian Networks • Rational Decision Theory (MDPs and POMDPs) • Machine Learning and Neural Networks • Natural Language Processing
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211 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.
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) 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	Grading procedure	Written examination (100%) 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	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009. Deutsche Ausgabe: Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1. Literature The course follows the following textbook: Stuart Russell and Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.

1	Module name 713618	Computer vision	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Computer Vision Exercise (2 SWS) Vorlesung: Computer Vision (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Vanessa Klein Muhammad Sohail Prof. Dr. Tim Weyrich Prof. Dr. Bernhard Egger	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	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 • beschreiben die Studierenden perspektivische Projektion, Rotationen und verwandte geometrische Grundlagen, • erklären die Studierenden die behandelten Methoden, • diskutieren die Studierenden Vor- und Nachteile verschiedener Modalitäten zur Erfassung von 3D-Informationen, • implementieren die Studierenden einzeln und gemeinschaftlich in Kleingruppen Code, • entdecken die Studierenden optimale Vorgehensweisen in der Datenaufnahme, • erkunden und bewerten die Studierenden unterschiedliche Möglichkeiten für die Evaluation, • diskutieren und präsentieren die Gruppenarbeiter in Gruppen die Vor- und Nachteile ihrer Implementierungen, • diskutieren und reflektieren die Studierenden gesellschaftliche Auswirkungen von Anwendungen des 3D-Rechnersehens. 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 • describe perspective projection, rotations, and related geometric foundations, • explain the presented methods,

		• discuss the advantages and disadvantages of different modalities for acquiring 3-D information, • implement individually and in small groups code, • discover best practices in data acquisition, • explore and rank different choices for evaluation, • discuss and present in groups the advantages and disadvantages of their implementations, • discuss and reflect the social impact of applications of computer vision algorithms.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (90 minutes) Dieses Modul wird mit einer Klausur (90 Minuten) geprüft. The form of examination is a written exam of 90 minutes.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Richard Szeliski: "Computer Vision: Algorithms and Applications", Springer 2011.

1	Module name 901895	Deep Learning Deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Deep Learning (2 SWS) Übung: DL E (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Dr.-Ing. Dr. Soroosh Tayebi Arasteh Zijin Yang	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	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. This lecture introduces the core elements of neural networks and deep learning, it comprises: • (multilayer) perceptron, backpropagation, fully connected neural networks • loss functions and optimization strategies • convolutional neural networks (CNNs) • activation functions • regularization strategies • common practices for training and evaluating neural networks • visualization of networks and results • common architectures, such as LeNet, Alexnet, VGG, GoogleNet • recurrent neural networks (RNN, TBPTT, LSTM, GRU) • deep reinforcement learning • unsupervised learning (autoencoder, RBM, DBM, VAE) • generative adversarial networks (GANs) • weakly supervised learning • applications of deep learning (segmentation, object detection, speech recognition, ...) The accompanying exercises will provide a deeper understanding of the workings and architecture of neural networks.
6	Learning objectives and skills	The students • explain the different neural network components, • compare and analyze methods for optimization and regularization of neural networks, • compare and analyze different CNN architectures, • explain deep learning techniques for unsupervised / semi-supervised and weakly supervised learning, • explain deep reinforcement learning, • explain different deep learning applications, • implement the presented methods in Python, • autonomously design deep learning techniques and prototypically implement them, • effectively investigate raw data, intermediate results and results of Deep Learning techniques on a computer,

		• autonomously supplement the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature, • discuss the social impact of applications of deep learning applications.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written exam, 90 min.
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016. • Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006 • Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton: Deep learning. Nature 521, 436444 (28 May 2015)

1	Module name 44973	Generative Models for Signal Processing Generative models for signal processing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Emanuel Habets
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

1	Module name 42800	Advanced Topics in Deep Learning Advanced topics in deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Topics in Deep Learning (4 SWS) Übung: Supplements for Advanced Topics in Deep Learning	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Vasileios Belagiannis Marc Hölle	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Vasileios Belagiannis
5	Contents	The students will learn advanced deep learning topics, including recent network architectures, generative models, self-supervision, interpretability and explainability. In the exercises, the students will implement advanced models and techniques for classification or regression tasks. The lecture topics include: • Geometric deep learning • Attention and transformers • Unsupervised and self-supervised learning • Generative models • Interpretability • Explainability • Efficient Inference • Uncertainty estimation • Transfer learning and domain adaptation • Few-shot learning Die Studierenden lernen erweiterte Themen des Deep Learning kennen, darunter aktuelle Netzwerkarchitekturen, generative Modelle, Selbst-Überwachung, Interpretierbarkeit und Erklärbarkeit. In den Übungen werden die Studierenden fortgeschrittene Modelle und Techniken für Klassifizierungs- oder Regressionsaufgaben implementieren. Zu den Vorlesungsthemen gehören: • Geometric deep learning • Attention and transformers • Unsupervised and self-supervised learning • Generative models • Interpretability • Explainability • Efficient Inference • Uncertainty estimation • Transfer learning and domain adaptation • Few-shot learning
6	Learning objectives and skills	The students will learn: • State-of-the-art topics in Deep Learning • Recent Neural network architectures • Generative modelling • Lifelong learning approaches

		• Robustness and reliability in Deep Learning. Die Studierenden lernen: • Neueste Themen im Bereich Deep Learning • Neueste Architekturen neuronaler Netze • Generative Modellierung • Lifelong learning • Robustheit und Zuverlässigkeit beim Deep Learning.
7	Prerequisites	Basic knowledge of machine learning, deep learning, and programming. Grundkenntnisse in Machine Learning, Deep Learning und Programmierung
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written exam of 90 min duration Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). Deep learning. • Deisenroth, M. P., Faisal, A. A., & Ong, C. S. (2020). Mathematics for machine learning. Cambridge University Press. • Molnar, C. (2020). Interpretable machine learning. Lulu. com.

1	Module name 93059	Machine Learning Security	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Christian Riess
5	Contents	What attack surfaces exhibit machine learning systems? What defenses exist against attacks on machine learning systems? This lecture and the associated exercises study the technical details of the security of machine learning systems. It is an advanced class, and assumes good familiarity with the contents of the deep learning class and corresponding programming skills. Specific topics are • Adversarial attacks and defenses • Dataset poisoning and defenses • Model stealing and watermarking • Dataset inference and membership inference attacks • Security and privacy in federated learning scenarios This is currently a very dynamic research field, hence the topics are discussed with the help of scientific papers and a mix of resources (some lecture notes and publicly available videos). If you prefer a more "static" lecturing style (with very mature slides and a time-tested agenda) then probably this lecture is not a good choice for you.
6	Learning objectives and skills	Throughout the listing of competences, the five major topics of the class are summarized as "attacks and defenses in machine learning systems". The statements equally apply to all five topical fields. In this class, students will • describe patterns of attack and defense on machine learning systems • describe the specific assumptions of attacks and defenses on machine learning systems • distinguish attacks and defenses by their respective attacker models • compare attacks and defenses on machine learning systems with respect to their associated attacker models, with particular emphasis on attack/defense success rates, practical feasibility, and runtime complexity.
7	Prerequisites	Successful completion of the class "deep learning" or equivalent knowledge and practical experience with deep learning systems. This first iteration of the class will be limited to at most 20 participants.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable

		The exercises are not mandatory, but strongly recommended for the successful completion of the class (and a satisfying grade).
11	Grading procedure	Variable (100%) The grade is determined from the oral exam.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	The lecture will be primarily based on research papers that will be provided during the lecture.

AI systems and applications

1	Module name 43386	Computational Photography and Capture Computational photography and capture	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorials to Computational Photography and Capture (2 SWS) Vorlesung: Computational Photography and Capture (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Vanessa Klein Muhammad Sohail Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	Never in human history have we been able to record so much of our environment in so little time with such high quality. Since the rise of smartphones, nearly everyone carries a powerful camera with them in their daily lives. This module introduces the theoretical and practical aspects of modern photography and capture algorithms: universal models of colour, computer-controlled cameras, lighting and shape capture. The module covers the following topics: • Cameras, sensors and colour • Image processing (e.g., blending, warping) • Radiometry • Appearance acquisition • Structured-light 3D acquisition • Image-based and video-based rendering
6	Learning objectives and skills	The students ... • ... know the basic vocabulary of computational photography • ... understand principles of light transport in natural scenes • ... understand principles of digital image formation • ... understand how computational-photography algorithms can exploit knowledge of these principles to transcend the capabilities of traditional photograph • ... apply image-processing algorithms to analyse and transform images • ... apply acquisition algorithms to capture appearances and 3D scene • ... develop their own software prototypes to capture and process digital images
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (30 minutes) Die Prüfung richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und umfasst entweder eine mündliche Prüfung von 30 min oder eine Klausur von 60 min Dauer. Die Entscheidung für eine Prüfungsform wird

		in Semestern, in denen die Lehrveranstaltungen stattfinden, spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. 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. The concrete form of examination (30 min. oral exam or 60 min. written exam) is defined at the beginning of the semester depending on the didactic character of the class. In semestern when the lecture is held, it will be announced in the lecture non later than 2 weeks after the lecture start. In semestern when the lecture is not held, it will be announced 2 months prior to the repetition exam via email to registered participants.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 44500	Swarm Intelligence	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Rolf Wanka
5	Contents	Swarm Intelligence (SI) is the design and deployment of self-organizing systems that dynamically adapt to their respective environmental needs. These systems are characterized by the fact that they feature the so-called self-*-properties, i.e., they are self-configuring, self-optimizing, self-healing, self-protecting, self-explanatory, ... Structures and methods of biological and other natural systems are chosen as models for such technical systems. In this module, Particle Swarm Optimization, Ant Algorithms, Web Search, and Evolutionary Algorithms are introduced and, as far as possible, mathematically analyzed.
6	Learning objectives and skills	Students learn advanced concepts of the current topic of swarm intelligence and how they can be successfully applied to solve continuous and discrete optimization problems and to data analysis. For this purpose, they know concrete details such as terms, definitions, facts, regularities and theories and learn how to apply the concepts to concrete problems, how to adjust the methods to the use case and how to analyze the computed solutions.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	- Ch. Müller-Schloer, Ch. von der Malsburg, R. P. Würt. Organic Computing. Informatik-Spektrum, Band 27, Nummer 4, S. 332-336. I. C. Trelea. The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection. Information Processing Letters 85 (2003) 317-325.

		• J. M. Kleinberg. Authoritative sources in a hyperlinked environment. Journal of the ACM 46 (1999) 604-632. • M. Dorigo. V. Maniezzo. A Coloni. Ant system: an autocatalytic optimizing process. Technical Report 91-016, Politecnico di Milano, 1991. • A. Badr. A. Fahmy. A proof of convergence for Ant algorithms. Information Sciences 160 (2004) 267-279. • M. Clerc. J. Kennedy. The particle swarm - Explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 8 (2002) 58-73

1	Module name 93173	Computational Visual Perception Computational visual perception	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Andreas Kist Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	How do humans perceive the visual world? How can we build computational models to mimic this human perception? And how can we validate those computational models? This course is designed as an introduction to enable you to build computational models for human visual perception. It will therefore provide an introduction into the human visual system building on the course on cognitive neuroscience for AI developers. You will learn how the human eye and brain process visual input and what we currently know about the ventral visual stream. We will look at computational models for all different levels of visual processing and discuss how well they measure behavioral data. This lecture is designed to be at the intersection of Computer Science (Computer Vision and Graphics) and Cognitive Neuroscience. After an initial introductory phase, you will in small teams (1-3 students) perform a project to build prototypes for computational models for visual processing, reproduce recent scientific results or experiment with existing models. In addition to the project phase we will read and discuss recent research papers studying potential computational models and investigate how we can evaluate computational models. Please sign up via studon
6	Learning objectives and skills	By the end of this course, students will be able to • Describe the basic processing steps of visual input in the human brain • Build a computational model for a known processing step • Read recent papers in the discipline and design a follow-up experiment • Choose/design and conduct a small research project • Choose adequate methods to evaluate a computational model • Work in and manage projects
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written (60 minutes) There are 3 exercises, and participants must pass 2 of them. There is no separate grade for the exercises (only pass/fail).

11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 97008	Advanced Design and Programming (5-ECTS) Advanced design and programming (5-ECTS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	Contents	This course teaches principles and practices of advanced object-oriented design and programming. Dieser Kurs wird auf Deutsch gehalten. It consists of a weekly lecture with exercises, homework and self-study. This is a hands-on course and students should be familiar with their Java IDE. Students learn the following concepts: Class-Level • Method design • Class design • Classes and interfaces • Subtyping and inheritance • Implementing inheritance • Design by contract Collaboration-Level • Values vs. objects • Role objects • Type objects • Object creation • Collaboration-based design • Design patterns Component-Level • Error handling • Meta-object protocols • Frameworks and components • Domain-driven design • API evolution The running example is the photo sharing and rating software Wahlzeit, see https://github.com/dirkriehle/wahlzeit . Class is held as a three hour session with a short break in between. Students should have a laptop ready with a working Java programming setup. Sign-up and further course information are available at https://adap.uni1.de - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible. The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).
6	Learning objectives and skills	• Students learn to recognize, analyze, and apply advanced concepts of object-oriented design and programming

		Students learn to work effectively with a realistic tool set-up, involving an IDE, configuration management, and a service hoster
7	Prerequisites	INF-AuD or compatible / equivalent course
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable The specifics of the examination is aligned with the didactic character of the module and will be clarified by the examiner no later than two weeks after the start of the lecture. Die Konkretisierung der Prüfungsform und -umgang richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und wird bis spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn durch den Prüfer bekannt gegeben.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	See https://adap.uni1.de

1	Module name 299892	Informationsvisualisierung Information visualization	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zur Informationsvisualisierung (2 SWS) Vorlesung: Informationsvisualisierung (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Roberto Grosso	

4	Module coordinator	Dr. Roberto Grosso
5	Contents	Aufgrund der rasanten Entwicklung der Informationstechnologie sind wir mit einer noch nie dagewesenen Flut an Daten konfrontiert. Informationsvisualisierung befasst sich mit der graphischen Darstellung abstrakter Daten, die keine räumliche Struktur aufweisen. Die Visualisierung abstrakter Daten nutzt visuelle Metaphern und Interaktion, um Information aus den Daten zu extrahieren. Typische Anwendungsszenarien sind die Analyse von Finanztransaktionen oder sozialen Netzwerken, Geographie, Textanalyse oder Visualisierung von Software-Quellcode. In dieser Vorlesung werden unterschiedliche Techniken vorgestellt, um verschieden Arten von Daten zu visualisieren. Insbesondere werden folgende Themen behandelt: • Graphen und Netzwerke • Dynamische Graphen • Hierarchien und Bäume • Multivariate Daten • Time-Series Daten • Textvisualisierung
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden Wissen • zählen Datentypen der Informationsvisualisierung auf • nennen Techniken zur Visualisierung unterschiedlicher Datentypen der Informationsvisualisierung • beschreiben Anwendungsfällen für die unterschiedlichen Datentypen der Informationsvisualisierung Verstehen • stellen Algorithmen der Informationsvisualisierung dar und erläutern ihre Eigenschaften, Vorteile und Nachteile • illustrieren Techniken zu Auswertung und Analyse von Daten der Informationsvisualisierung • implementieren die vorgestellten Algorithmen in JavaScript Anwenden • wenden Algorithmen zur Visualisierung unterschiedlichen Daten an • erklären und charakterisieren Techniken der Informationsvisualisierung • Analysieren • klassifizieren Algorithmen zur Visualisierung multivariater Daten, Netzwerke, Hierarchien und Text und erklären ihrer Funktionsweise

		• erkunden die Effizienz der vorgestellten Algorithmen für unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten Evaluieren • bewerten Anwendbarkeit und Performance spezieller Algorithmen der Informationsvisualisierung • vergleichen Methoden zur Analyse und Auswertung von Daten der Informationsvisualisierung • überprüfen die Anwendbarkeit der diskutierten Techniken für unterschiedliche, speziell ausgewählten Fälle
7	Prerequisites	Die Programmieraufgaben werden in JavaScript implementiert.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination with multiple choice (90 minutes)
11	Grading procedure	Electronic examination with multiple choice (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Information Visualization • Robert Spence: Information Visualization: Design for Interaction • Stuart K. Card, Jock Mackinlay, Ben Shneiderman: Readings in Information Visualization – Using Vision to Think • Benjamin B. Bederson, Ben Shneiderman: The Craft of Information Visualization – Readings and Reflections • Tamara Munzner: Visualization Analysis and Design • Colin Ware: Information Visualization, Perception for Design (third edition) • Ricardo Mazza: Introduction to Information Visualization • Robert Spence: Information Visualization - An Introduction Networks / Graphs • ◦ Graph Theory, Reinhard Diestel ◦ Graphentheorie, Peter Tittmann ◦ Graphs, Networks and Algorithms, Dieter Jungnickel • ◦ Networks, 2nd Edition, Mark Newman ◦ Graph Theory and Complex Networks: An Introduction, Maarten van Steen

1	Module name 333815	Rechnerarchitektur (Vorlesung mit Übung und Rechnerübung) Computer architecture	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung werden eine Tafel- und eine Rechnerübung angeboten. Die Rechnerübung erfordert 11 erfolgreich abgeschlossene Übungsaufgaben, diese gehen mit 10% in die Modulgesamtnote ein. Die verbleibenden 90% werden durch die mündliche Prüfung bestimmt. Insgesamt werden 7,5 ECTS erworben. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt: • Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren • Behandlung von Hazards in Pipelines • Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage • Fortgeschritten Cachetechniken, Cache-Kohärenz • Ausnutzen von Cacheeffekten • Architekturen von Digitalen Signalprozessoren • Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V) • Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) • Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA) • Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie können konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen

		Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. Anwenden Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterschiede gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design • Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach • Stallings: Computer Organization and Architecture • Martin: Rechnerarchitekturen

1	Module name 465562	Advanced Programming Techniques Advanced programming techniques (lecture and exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Harald Köstler
5	Contents	Der Inhalt der Vorlesung besteht aus zahlreichen fortgeschrittenen C++-Themen, die ausgerichtet sind auf die richtige und effiziente Nutzung von C++ für eine professionelle Softwareentwicklung. The content of the lecture will consist of various topics of advanced C++ programming, aimed at teaching the proper and efficient usage of C++ for professional software development. These are basic language concepts, the newer standards (starting from C++11), object oriented programming in C++, static and dynamic polymorphism, template metaprogramming, and C++ idioms and design patterns. A good preparation for the lecture is the C++ primer book from S. Lippman et al. One should at least have several hundred hours of programming experience in C/C++ or any related object oriented programming language. Knowledge of basic concepts like pointers, references, inheritance and polymorphism is required.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können die grundlegenden Sprachkonstrukte in den verschiedenen C++ Standards wiedergeben. Students know the basic language constructs from different C++ standards. Verstehen Lernende verstehen das C++ Objektmodell und können es mit anderen Programmiersprachen vergleichen. Students understand the C++ object model and are able to compare it to other programming languages. Anwenden Lernenden können Standardalgorithmen in einer objektorientierten Programmiersprache implementieren. Students can implement standard algorithms in an object oriented programming language. Analysieren Lernende können gängige Design Patterns klassifizieren und deren Anwendbarkeit für bestimmte Probleme diskutieren. Students are able to classify common design patterns and to discuss their usability for certain problems. Evaluieren (Beurteilen)

		Lernende können entscheiden, welches Software Design passend für eine bestimmte Aufgabe ist. Sie können auch den Implementierungsaufwand dafür abschätzen. Students can decide, which software design fits for a certain task. They are also able to estimate the programming effort for it. Erschaffen Lernende entwickeln selbständig in einer Gruppe ein größeres Softwarepaket im Bereich Simulation und Optimierung. Students develop together in a group a larger software project in the area of simulation and optimization on their own.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio (60 minutes)
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• S. Lippman: C++ Primer, Addison-Wesley • S. Meyers: Effective C++ Third Edition, Addison-Wesley • H. Sutter: Exceptional C++, Addison-Wesley

1	Module name 645618	Human Computer Interaction Human computer interaction	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Madeleine Flaucher Ann-Kristin Seifer Prof. Dr. Björn Eskofier Syrine Slim Björn Nieth	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher
5	Contents	Das Modul vermittelt Konzepte, Prinzipien, Modelle, Methoden und Techniken für die effektive Entwicklung von benutzerfreundlichen Mensch-Computer-Schnittstellen. Das Thema moderner Benutzungsschnittstellen wird dabei für klassische Computer aber auch für mobile Geräte, eingebettete Systeme, Automobile und intelligente Umgebungen betrachtet. Die folgenden Themen werden im Modul behandelt: • Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung • Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme • Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers • Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides • Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme • Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen • Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge • Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten • Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung Contents: The module aims to teach basic knowledge of concepts, principles, models, methods and techniques for developing highly user-friendly Human-Computer Interfaces. Beyond traditional computer systems, modern user interfaces are also discussed in the context of automobile and intelligent environments, mobile devices and embedded systems. This module addresses the following topics: • Introduction to the basics of Human-Computer Interaction

		• Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems • Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users • Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides • In- and output devices, design space for interactive systems • Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces • Prototypic implementation of interactive systems • Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components • Acceptance, evaluation methods and quality assurance
6	Learning objectives and skills	• Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion. • Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile. • Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen. • Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten. • Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt. Learning Objectives and Competences: • Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction. • They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages. • Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction. • Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user. • Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination Electronic exam (in presence), 90min
11	Grading procedure	Electronic examination (100%)

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 649073	Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen) Lecture and tutorial: Distributed systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Vorlesung: Verteilte Systeme (2 SWS)	- 2,5 ECTS
3	Lecturers	Harald Böhm Dr. rer. nat. Christian Berger Tobias Distler	

4	Module coordinator	Tobias Distler
5	Contents	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. 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. 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. 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 wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung. • untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen. • vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen. • konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung. • entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI. • gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many) für das eigene Fernaufrufsystem. • beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken. • klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv). • vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme. • illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen. • erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren. • unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten. • gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten. • entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks. • bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur. • erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen. • können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.

7	Prerequisites	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio Das Modul wird bestanden bei erfolgreicher Bearbeitung aller 6 Übungsaufgaben (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und dem Bestehen einer 30-minütigen mündlichen Prüfung.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 743260	Verteilte Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen) Distributed systems (lecture with extended exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Vorlesung: Verteilte Systeme (2 SWS)	- 5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Tobias Distler Harald Böhm Dr. rer. nat. Christian Berger	

4	Module coordinator	Tobias Distler
5	Contents	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. 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. 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. 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 wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung. • untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen. • vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen. • konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung. • entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI. • bewerten die Serialisierungsroutinen von Java RMI. • erproben die manuelle Serialisierung von Nachrichten. • bewerten die Performanz des eigenen Fernaufrufsystems. • gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many, At-Most-Once) für das eigene Fernaufrufsystem. • beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken. • klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv). • vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme. • illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen. • erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren. • unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten. • gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten. • entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks. • bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur. • erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen. • können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.

		• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.
7	Prerequisites	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio Das Modul wird bestanden bei erfolgreicher Bearbeitung aller 6 Aufgaben zu den erweiterten Übungen (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und dem Bestehen einer 30-minütigen mündlichen Prüfung.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 798810	Rechnerarchitektur Computer architecture	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung wird eine Tafelübung angeboten. Mit erfolgreicher mündlicher Prüfung können 5 ECTS erworben werden. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt: • Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren • Behandlung von Hazards in Pipelines • Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage • Fortgeschritten Cachetechniken, Cache-Kohärenz • Ausnutzen von Cacheeffekten • Architekturen von Digitalen Signalprozessoren • Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V) • Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) • Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA) • Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie kennen konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. Anwenden

		Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterschiede gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design • Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach • Stallings: Computer Organization and Architecture • Martin: Rechnerarchitekturen

1	Module name 858896	Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen Modeling, optimization and simulation of energy systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Marco Pruckner
5	Contents	In der Vorlesung Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen werden systemtechnische Planungs- und Analysemethoden behandelt, die zur Lösung komplexer und interdisziplinärer Entscheidungsaufgaben in der Energiewirtschaft eingesetzt werden. Dabei werden die wichtigsten Methoden und Verfahren anhand praktischer Fragestellungen (z.B. Ausbau erneuerbarer Energien, Zunahme der Elektromobilität) aus der energiepolitischen Planung vermittelt und die Bewältigung technisch-ökonomischer Probleme verdeutlicht. Zu den eingesetzten Tools zählen die Statistiksoftware R, AnyLogic und IpSolve. Vorkenntnisse im Umgang mit diesen Werkzeugen ist nicht zwingend erforderlich. In den Übungen werden Einführungen in die genannten Softwarepakete gegeben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • unterscheiden Probleme und Herausforderungen, die mit dem Energieumstieg verbunden sind, • erfassen die Vorteile und die Anwendungsmöglichkeiten computergestützter Planungsmethoden im Energiebereich, • analysieren verschiedene Problemstellungen und setzen Lösungen dafür um, • erlernen verschiedene Methoden der Datenanalyse, Optimierung und Simulation.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german german or english
16	Bibliography	

1	Module name 965820	Approximate Computing Approximate computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Approximate Computing (2 SWS) Vorlesung: Approximate Computing (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Pierre-Louis Sixdenier Jose Juan Hernandez Morales Khalil Esper Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	Approximate Computing denotes a quite young research area that exploits the fact and capability of many applications and systems to tolerate imprecision and/or inexactness of computed results. Prominent areas of applications and novel techniques of computing approximate rather than exact results have brought up new implementations either at hardware and/or software levels for important emergent workloads such as searching, mining, image processing, and data retrieval. Although hardware technology is improving at a fast pace, energy and power are becoming more and more important constraints apart from exactly computing results in an acceptable amount of time. The main goals of approximate computing techniques are therefore to exploit the possible trade-off between power/energy consumption, accuracy, performance, and/or cost, e.g., utilized hardware resources. The purpose of the course approximate computing is to instruct students about the main ideas and concepts of approximate computing. This includes analyzing the trade-off between energy consumption, accuracy, run-time and hardware costs, concrete approximating techniques (e.g. approximate hardware synthesis, approximating algorithms) as well as theoretical background (determining the computational error and its complexity).
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen - The students know the principles and benefits of Approximate Computing and when it is applicable. - The students know multiple error metrics and their semantic meaning. Fachkompetenz - Verstehen - The students understand the difference between the error metrics. - The students understand the principle of function falsification. - The students can apply the presented approximation techniques. Fachkompetenz - Anwenden - The students are capable of choosing the appropriate approximation technique based on given requirements.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1

9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Oral exam in case of less than 20 participants (duration 30 mins). Otherwise, written exam (duration 90 mins).
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/approximate-computing

1	Module name 93641	Methods of Advanced Data Engineering (VUE 5-ECTS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	Contents	This module teaches advanced methods of data engineering using software engineering practices that support the development and operation of complex data engineering pipelines. Lecture topics include software development workflows using git/GitHub, automated testing, continuous integration and how to successfully open-source the final data science project. Participants plan, implement, and deploy a self-directed data science project based on open data using Python. Additionally, students complete exercises introducing challenges found in realistic open data sources in an open-source, domain-specific language to model data pipelines, called Jayvee. The course language is English. Previous experience in programming (for example from OSS-ADAP or OSS-AMOS) or the willingness to learn alongside the course is required. Programming in Jayvee will be taught during the course.
6	Learning objectives and skills	• Students learn concepts of open data and open-source software engineering • Students learn concepts and tools of data engineering, setting up and operating automated data pipelines • Students learn concepts and tools of automated testing, continuous integration and working with git/GitHub • Students gain experience with data engineering and data science in the context of a development project • Students gain experience dealing with data engineering challenges inherent to open data
7	Prerequisites	- OSS-ADAP - OSS-AMOS
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 See https://bit.ly/3eberfi
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 53710	Foundations of international management I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Dirk Holtbrügge
5	Contents	1. Environment of International Management: History and Major Trends 2. Theoretical and Conceptual Foundations of International Management 3. Theories of Internationalization 4. Strategic Management in International Corporations.
6	Learning objectives and skills	The participants understand and analyze typical management problems of international firms. The participants will get to know modern theories and methods of international management and will be able to apply these to practical problems. They get a detailed overview of the current state of international management research and are able to evaluate theoretical and empirical studies in this area critically.
7	Prerequisites	English language proficiency (C1)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Report Presentation <i>Details for the examination for the lecture: Report (6 pages)</i> <i>Details for the examination for the seminar: Oral presentation (attendance mandatory)</i>
11	Grading procedure	Report (80%) Presentation (20%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Holtbrügge, D. & Welge, M.K. (2020). International Management. Mimeo, Nürnberg (chapters 1-4). Holtbrügge, D. & Haussmann, H. (eds.) (2024). Internationalization Strategies of Firms. Case Studies from the Nürnberg Metropolitan Region. 3rd edition. Baden-Baden: Nomos.

1	Module name 54760	Process Analytics (PA) Process analytics (PA)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Annina Ließmann Prof. Dr. Martin Matzner
5	Contents	The course focuses on the data-driven analysis of business processes. It covers various technical, organizational, and business aspects of process improvement, with Process Mining being the central focus. The module emphasizes practical application and encourages students to apply the methods and concepts learned during the lectures. In the group project, students will utilize their knowledge by working with state-of-the-art process mining tools, such as Celonis.
6	Learning objectives and skills	The students - capture the concepts around process improvement and recognize the potential for organizations - understand technical aspects of data-driven process analysis - know about state-of-the art technologies for process mining - apply technologies for process analysis in a practical setting - analyze a business process and develop a business case for process improvements - work in groups and present their results together
7	Prerequisites	Beneficial: Basic understanding of business processes and process notations / modelling
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Presentation (70%) Written examination (30%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	None

1	Module name 56210	Digital change management	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Digital Change Management (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sven Laumer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sven Laumer
5	Contents	Lecture: This module provides an organizational and social perspective of the digital transformation. It introduces theories and methods to analyze, visualize, and discuss challenges of the acceptance of the digital transformation. Case study: Using research methods (interviews, surveys) students should investigate a digital transformation project and analyze its design and acceptance as a case study. The case study is conducted as group work.
6	Learning objectives and skills	Students can analyze, visualize and discuss consequences of the digital transformation for individuals and organizations as well as its implementation challenges. Students are able to design an implementation project to focus especially on end-users.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written Written examination (60 minutes) 2.5 ECTS - Exam (60 minutes) and, 2.5 ECTS - Case Study (schriftlich = Case Study)
11	Grading procedure	Written (50%) Written examination (50%) (schriftlich = Case Study - evaluated as a group)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 80 h Independent study: 70 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Alter, S. (2013). Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future. Journal of the Association for Information Systems, 14 (2), 72-121 Kotter, J.P. (2005). Out Iceberg is Melting. St.Martins Press, Kotter, J.P. (2010). Leading Change, Harvard Business Press Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., and Davis, F. D. 2003. User acceptance of information technology: toward a unified view, MIS Q (27:3), pp. 425-478.

1	Module name 57053	Innovation and leadership	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Kathrin Möslein
5	Contents	The lecture focuses on the challenges of leading and communicating innovation and change in IT enabled companies and networked organizations. Based upon that, creating a sustainable innovative environment is a leadership task. In order to succeed at this task, leaders must develop innovative abilities to deal with the challenges inherent in a business environment characterized by fluid, unstructured and changing information. The aim of this course is thereby twofold. First, the course delineates and describes different yet emerging innovation tools, organizing them into a coherent set of classes. Each class of tools is described using a set of up-to-date business cases that depict the current status of the information systems. The second aim of this course is to get an overview of how to structure leadership systems towards innovation, how leaders can motivate to foster innovative thinking and what new forms of innovation (e.g. open innovation) mean for the definition of leadership. In doing so, this lecture represents an Idea Transformation Class as students are encouraged not only to merely develop, but to actively deploy specifically developed concepts.
6	Learning objectives and skills	The students • will understand and explore the theories and practicalities of leadership in open innovation contexts. • will gain knowledge on leading and communicating innovation and translate it in leadership behavior in real case contexts. • will learn to assess, reflect and feedback the impact of practical leadership for innovation
7	Prerequisites	• Basic understanding of innovation management • Basic understanding of management processes • First experience in team projects
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation Written Presentation approx. 40 minutes Written assignment approx. 22 pages (partly in group)
11	Grading procedure	Presentation (pass/fail) Written (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h

		Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Huff, Möslein & Reichwald: Leading Open Innovation; 2013 MIT Press,ISBN-13: 978-0262018494

1	Module name 57290	Enterprise knowledge management	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sven Laumer
5	Contents	Lecture on demand: This module uses the Flipped Classroom method and provides an advanced perspective on enterprise knowledge management. It focuses on knowledge management strategy and processes, knowledge management governance, knowledge modelling and visualization as well as concepts like crowdsourcing, open innovation and crowdfunding in a knowledge management context. From a theoretical perspective, the module introduces social networks and social network analysis as base for enterprise knowledge management. Tutorial: The contents of the lecture on demand are further discussed by means of exercises and case studies. Practical exercises are conducted using common social network analysis or knowledge management software.
6	Learning objectives and skills	Students can analyze, visualize, design and discuss enterprise knowledge management approaches.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 80 h Independent study: 70 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	TBA

1	Module name 57320	Foundations of linked data	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Foundations of Linked Data (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Andreas Harth	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Harth
5	Contents	The Linked Data principles provide a unified interface to data and software systems based on web architecture. Linked Data is increasingly popular in scenarios where data and systems from multiple providers have to be integrated, both in an enterprise setting and on open data from the web. The module covers foundational techniques to access, process and integrate data, both from a theoretical and a practical perspective, and provides a coherent treatment of protocols and languages specified by the World Wide Web Consortium. The module combines techniques from different areas, such as databases and artificial intelligence, adapted for use in a decentralised setting on the web. The overarching topic is to facilitate data integration on the basis of resource-oriented modelling, knowledge representation, hyperlinks and state transfer between user agents and servers. The module sets out with a history of hypertext systems, followed from an introduction to web architecture and knowledge representation, including algorithms for query evaluation and deductive reasoning. The module closes with a user agents for querying integrated data from sources attainable through the web.
6	Learning objectives and skills	You will learn how to describe data in a way that facilitates integrated access. You will be able to write queries that access large amounts of data within a unified logical framework. You will be able to apply the technologies and techniques around Linked Data to support data integration in an enterprise setting and on the web, and therefore have the necessary skills for a broad variety of data science applications.
7	Prerequisites	Students should have a basic understanding of how the internet and the web work. Some knowledge of relational databases is beneficial.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	All relevant material will be provided during the lecture. The following books give an overview of the topics of the lecture: Tim Berners-Lee. Weaving the Web. Harper, 1999 Tom Heath, Christian Bizer. Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. Morgan & Claypool, 2011. Dean Allemang. Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL. Morgan Kaufmann, 2008. For a brief motivation read tyfair.com/news/2018/07/the-man-who-created-the-world-wide-web-has-some-regrets

1	Module name 82570	BWL für Ingenieure Business studies for engineers	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: BWL für Ingenieure I (2 SWS, WiSe 2025) Vorlesung mit Übung: BWL für Ingenieure II (2 SWS, SoSe 2025)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt Dr. Lothar Czaja	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt
5	Contents	BW 1 (konstitutive Grundlagen): Grundlagen und Vertiefung spezifischer Aspekte der Rechtsform-, Standort-, Organisations- und Strategiewahl BW 2 (operative Leistungsprozesse): Betrachtung der unternehmerischen Kernprozesse Forschung und Entwicklung mit Fokus auf das Technologie- und Innovationsmanagement, Beschaffung und Produktion sowie Marketing und Vertrieb BW 3 (Unternehmensgründung): Grundlagen der Gründungsplanung und des Gründungsmanagements BW 3 Übung (Vertiefung und Businessplanerstellung): Vertiefung einzelner Schwerpunkte aus den Bereichen BW 1, 2 und 3 sowie ausgewählte Fallstudien zu wichtigen Elementen eines Businessplans
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben Kenntnisse über Grundfragen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre • verstehen die Kernprozesse der Unternehmung und die damit verbundenen zentralen Fragestellungen • erwerben ein Verständnis für den Entwicklungsprozess der Unternehmung sowie deren Kernprozesse, insbesondere verfügen sie über breites und integriertes Wissen einschließlich der wissenschaftlichen Grundlagen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion, Marketing und Vertrieb. • können Fragen des Technologie- und Innovationsmanagements anhand der Anwendung ausgewählter Methoden und Instrumente erschließen • wissen um die Bestandteile eines Businessplans, deren Bedeutung und sind in der Lage, diese zu verfassen und zu beurteilen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)

12	Module frequency	Every semester
13	Resit examinations	The exams of this moduls can only be resit once.
14	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
15	Module duration	2 semester
16	Teaching and examination language	german
17	Bibliography	Voigt, Industrielles Management, 2008

1	Module name 57134	People Analytics – Data Science für Human Resources Management People analytics – Data science for human resources management	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: People Analytics (4 SWS) People Analytics is organized as a self-study course. People Analytics ist als Selbstlernkurs organisiert.	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sven Laumer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sven Laumer
5	Contents	Decision-making is a critical task for HR departments. They not only must handle the onboarding and offboarding of an employee, but are also responsible for optimizing each stage of the employee life cycle and all the processes related to it. Hence, HR experts seek the help of precise data to determine the best course of action. In small companies, information can be easily collected and organized; however, as companies grow, and their number of employee increases, the challenges of managing a larger workforce begins to surface. Thankfully, technological advancements have brought a new set of tools that HR experts can use to aid their decision making. With the right implementation, companies can measure the effectiveness of their business strategies, optimize resources, and improve the employee experience. In this context, People Analytics is a new concept that has been established in science and in practice, which comprises of the processes of collecting, analyzing, and reporting relevant HR information to make data-driven decisions. The lecture videos are pre-recorded and available via StudOn, but make sure to register via https://kurse.vhb.org/ first. Die Entscheidungsfindung ist eine wichtige Aufgabe für Personalabteilungen. Sie müssen sich nicht nur um das Onboarding und Offboarding eines Mitarbeiters kümmern, sondern sind auch für die Optimierung jeder Phase des Mitarbeiterlebenszyklus und aller damit verbundenen Prozesse verantwortlich. Daher sind die Personalverantwortlichen auf präzise Daten angewiesen, um die beste Vorgehensweise zu bestimmen. In kleinen Unternehmen können Informationen leicht gesammelt und organisiert werden. Wenn das Unternehmen jedoch wächst und die Zahl der Mitarbeiter zunimmt, werden die Herausforderungen der Verwaltung einer größeren Belegschaft immer größer. Glücklicherweise hat der technologische Fortschritt eine Reihe neuer Instrumente hervorgebracht, die HR-Experten bei der Entscheidungsfindung helfen können. Mit der richtigen Implementierung können Unternehmen die Effektivität ihrer Geschäftsstrategien messen, Ressourcen optimieren und die Erfahrungen ihrer Mitarbeiter verbessern. In diesem Zusammenhang ist People Analytics ein neues Konzept, das sich in der Wissenschaft und in der Praxis etabliert hat. Es umfasst die Prozesse der Sammlung,

		Analyse und Berichterstattung relevanter HR-Informationen, um datengestützte Entscheidungen zu treffen. Die Vorlesungsvideos sind voraufgezeichnet und über StudOn verfügbar. Bitte melden Sie sich vorher über die https://kurse.vhb.org/ an.
6	Learning objectives and skills	Students should be able to discuss why People Analytics is an important concept in the context of Human Resource Management, and differentiate between the different pillars of PA. Furthermore, they should be able to independently implement a People Analytics projects. Die Studierenden sollen erörtern können, warum People Analytics ein wichtiges Konzept im Kontext des Human Resource Managements ist, und die verschiedenen Säulen von PA unterscheiden können. Darüber hinaus sollen sie in der Lage sein, selbstständig ein People Analytics Projekt durchzuführen.
7	Prerequisites	• Students should have a basic familiarity with data mining and data analytics methods and tools. • Some elementary knowledge of programming in Python and R is recommended. • Die Studierenden sollten mit den Methoden und Werkzeugen des Data Mining und der Datenanalyse grundlegend vertraut sein. • Grundlegende Kenntnisse der Programmierung in Python und R werden empfohlen.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written In this course, students will be evaluated via a project report, where they are expected to answer theoretical research questions with regard to the People Analytics pillars introduced in the second part of the lecture. The report is divided into two parts and must be submitted in StudOn by the deadline. Each part of the project report should be 10-15 pages long. In Part I, students answer questions on Chapters 4, 5 and 6, while Part II deals with questions on Chapters 7 and 8, each with sub-questions on theory and practice. Furthermore, students are also expected to implement their own data-driven solutions for each of the research questions. Case studies introduced in the lectures serve as a good guidance for this task. In diesem Kurs werden die Studenten anhand eines Projektberichts bewertet, in dem sie theoretische Forschungsfragen in Bezug auf die im zweiten Teil der Vorlesung vorgestellten Säulen der People Analytics beantworten sollen. Der Bericht gliedert sich in zwei Teile und muss fristgerecht in StudOn eingereicht werden. Jeder Teil des Projektberichts sollte 10-15 Seiten lang sein. In Teil I beantworten die Studierenden Fragen zu den Kapiteln 4, 5 und 6, während Teil II Fragen zu den Kapiteln 7 und 8 behandelt, jeweils mit Unterfragen zu Theorie und Praxis. Darüber hinaus wird von den Studierenden erwartet, dass sie

		ihre eigenen datengesteuerten Lösungen für jede der Forschungsfragen implementieren. Die in den Vorlesungen vorgestellten Fallstudien dienen als gute Anleitung für diese Aufgabe.
11	Grading procedure	Written (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german german or english english
16	Bibliography	All relevant material will be provided in StudOn. Alle relevanten Materialien werden in StudOn zur Verfügung gestellt.

1	Module name 62921	Allgemeine Biologie I General biology I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	PD Dr. Michael Lebert
5	Contents	Botanik: • Bau und Leistung der Pflanzenzelle • Morphologie und Anatomie der Pflanzenorgane • Systematik und Evolution von Pflanzen • Vermehrung von Pflanzen • Pflanzenphysiologie • Pflanze und Umwelt Zoologie: • Stoffwechsel, Kreislauf und Atmung • erregbare Zellen: Muskelzellen und Nervenzellen • zelluläre Neurophysiologie (Ruhepotential, Aktionspotential, axonale Weiterleitung der Erregung, Synapse) Mikrobiologie: • Einführung in die Mikrobiologie • Zellstruktur und Zellfunktion • Grundlagen der Molekularbiologie und Bakteriengenetik • Mikrobiologie der Prokaryoten (Physiologie, Taxonomie und Phylogenie) • Grundlagen der Virologie
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können die Struktur und Funktionen der Biomoleküle in Ihren Grundzügen beschreiben und erläutern; • verstehen die Zelltypen verschiedener Organismen und können deren Zellbestandteile- und bausteine darstellen und erklären; • kennen die Grundbegriffe der Zytologie, Morphologie und Anatomie der Pflanzen und sind in der Lage diese Einordnungen anzuwenden; • sind in der Lage, die Physiologie der Pflanzen darzustellen; • können die Anpassungen von Pflanzen darlegen; • sind befähigt, die Evolution der Pflanzen in den Grundzügen zu erklären; • können zelluläre Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren erläutern; • sind in der Lage, die fundamentalen Prozesse des Energiestoffwechsels der Tiere - und damit verbundene Anpassungen (Kreislauf und Atmung) in den Grundzügen darzustellen und zu beschreiben;

		• verstehen die zellulären und molekularen Grundlagen der Muskelkontraktion und können diese darstellen und verdeutlichen; • können zelluläre Grundlagen sowie grundlegende Funktionsmechanismen von Nervenzellen einordnen • verstehen den Einfluss von Mikroorganismen auf Ökosysteme und deren Nutzung in Landwirtschaft, Biotechnik, Medizin und Lebensmittelproduktion; • erwerben basale Kenntnisse der Bakteriengenetik, der Physiologie, der taxonomischer Einteilung und den Grundlagen der Virologie.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Nultsch, Allgemeine Botanik, Thieme Verlag • Fuchs, Allgemeine Mikrobiologie Thieme-Verlag • Wehner, Gehring, Kühn, Zoologie, Thieme • Brock: Mikrobiologie, Pearson Verlag • Campbell, Biologie, Pearson

1	Module name 62940	Zoologie Zoology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Jürgen Schmidl	
5	Contents	*Vorlesung*: Grundkenntnisse zu folgenden Teilgebieten der Ökologie, Zoologie und Botanik: • Morphologie (Systematik des Tier- und Pflanzenreiches, Kennenlernen ausgewählter Baupläne und Taxa) • Evolution (Grundlagen, Mechanismen und ökologische Aspekte der Evolution) • Phylogenie (Methoden der Systematik und Taxonomie, Artkonzepte, Stammbäume) • Ökologie (Grundlagen, Großlebensräume/Ökosysteme der Erde, Einnischung von Tier-/Pflanzenarten, Aut-, Dem- und Synökologie, Makroökologie, Muster und Prozesse, Diversität) • Biogeographie (Konzepte und geologisch-historische Grundlagen der globalen Verbreitung der Tier- und Pflanzengruppen) *Übungen*: • Einführung in die Arbeit mit dem Stereomikroskop. • Morphologie, Systematik und Diversität wichtiger heimischer Tier- und Pflanzengruppen und ihrer typischen Vertreter • Übungen zum Bestimmen heimischer Arten mittels Bestimmungsschlüssel und elektronischer Medien • Biologie und Ökologie der bestimmten Arten und Gruppen	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können wichtige Tier und Pflanzengruppen unterscheiden und typische Vertreter erkennen; • verstehen die Diversität im Tier- und Pflanzenreich; • können die Grundlagen der Morphologie, Evolution, Phylogenie, Ökologie und Biogeographie darstellen und erklären; • sind befähigt zum Erkennen und Lösen von relevanten Problemen aus systematisch-ökologischen Teilgebieten der Zoologie und Botanik; • sind in der Lage, mit Bestimmungsschlüsseln und einschlägigen Medien umzugehen; • sind fähig, die Vorlesungsinhalte in Übungen praktisch umzusetzen; • haben den fachgerechten Umgang mit dem Stereomikroskop vermittelt bekommen.	
7	Prerequisites	keine	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Nur Empfehlung: • Brohmer: Fauna von Deutschland (Quelle und Meyer Bestimmungsbücher); • Schmeil-Fitschen: Die Flora Deutschlands • Wehner/Gehring: Zoologie (Thieme); • Strasburger: Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften (Springer)

1	Module name 62982	Mikrobiologische Übungen Microbiology: practical exercises	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Gerald Seidel
5	Contents	Mikroskop, Färbetechniken, Kultur- und Sterilisationsverfahren, • Wachstum von Bakterien, Antibiotika • Transformation von Acinetobacter spec., • Identifizierung/Diagnostik von Bakterien • grundlegende Techniken der Molekularbiologie • Experimente: Beobachtung von Bakterien im Mikroskop, verschiedene Darstellungsverfahren • Nachweis von Keimen in der Luft • Erlernen verschiedener Techniken, Herstellung von Nährmedien, Bestimmung Zellzahl in einer Kolonie, Bestimmung der Phagenzahl in einem Plaque, Sterilisationsversuche • selektive Anreicherung von Bakterien, Bakterienwachskurve; Einfluss von Antibiotika auf das Wachstum von Bakterien • Isolierung von Antibiotika-Produzenten • Nachweis und Identifizierung von Bakterien, Resistenzbestimmung, Isolierung von Antibiotika-Produzenten,
6	Learning objectives and skills	Aneignung der Grundkenntnisse der Mikrobiologie und molekularbiologischen Grundtechniken
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written SL: Protokollheft (ca. 50 Seiten)
11	Grading procedure	Written (pass/fail) pass/fail
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Lehrbuch: Brock Mikrobiologie, M. T. Madigan & J. M. Martinko, aktuelle Ausgabe (z.Zt. 2013) • Lehrbuch: Allgemeine Mikrobiologie, G. Fuchs, aktuelle Ausgabe (z.Zt. 2007) • Lehrbuch: Mikrobiologische Methoden, E. Bast

1	Module name 63270	Computational Biology Elective compulsory module computational biology	15 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (45 minutes) Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (50%) Written examination (50%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 63271	Computational Biology I Computational biology I	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Rainer Böckmann
5	Contents	Skalenübergreifende Modellierung biologischer Systeme • Statistische Thermodynamik • molekulare Kräfte in biologischen Strukturen • Konzept der Freien Energie und ihrer Berechnung • Mikroskopische Modellierung biomolekularer Systeme, Moleküldynamik • coarse-graining von Simulationen • makroskopische Modellierung • Multiskalenmodellierung • Diffusion und Brownsche Bewegung • Kinetik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen den Übergang von mikroskopischen Skalen zu makroskopischen Observablen • sind fähig aktuelle Simulationsmodelle in Computational Biology am Computer selbständig anzuwenden; • können sich die Inhalte aktueller Publikationen aus dem Bereich Computational Biology erarbeiten und kritisch diskutieren; • verfügen über Kommunikationskompetenz.
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Written examination (90 minutes) PL: Klausur (90 Min) PL: Seminarvortrag (20 Min.)
11	Grading procedure	Seminar achievement (20%) Written examination (80%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 97 h Independent study: 128 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Informationsmaterialien zur Vor- und Nachbereitung des Stoffes werden im Internet und als Kopien zur Verfügung gestellt.

1	Module name 62924	Allgemeine Biologie II: Übungen zur Morphologie und Anatomie der Pflanzen und Tiere WNF-5 Morphology and Anatomy of Organisms	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Biologie II: Übungen zur Morphologie und Biologie der Pflanzen und Tiere (5 SWS) Die Übungen sind anwesenheitspflichtig.	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Elke Ober Prof. Dr. Sabine Müller Prof. Dr. Petra Dietrich PD Dr. Michael Schoppmeier PD Dr. Ruth Stadler apl. Prof. Dr. Alexandra Schambony	

4	Module coordinator	PD Dr. Michael Schoppmeier
5	Contents	• Morphologie, Anatomie und Ökologie von Pflanzen und Tieren • Besonderheiten wichtiger taxonomischer Gruppen, Stellung von Modellsystemen • Anpassungen und Überlebensstrategien; Lichtkonkurrenz, Verbreitungs- und Fortpflanzungsstrategien • Parasitismus; Lebenszyklen; Lokomotions-, Verdauungs- und Exkretionsprinzipien • Präparierung und mikroskopische Untersuchungen von Pflanzen: Gefäßlose Pflanzen (Moose), Gefäßsporenpflanzen (farnartige Pflanzen), Samenpflanzen • Präparierung und mikroskopische Untersuchungen von Tieren: Nematoda (Fadenwürmern), Annelida (Ringelwürmern), Arthropoda (Gliederfüßern), Mollusca (Weichtieren), Vertebrata (Wirbeltieren)
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen pflanzliche und tierische Organismen und Gewebe und können diese beschreiben und erklären; • sind sich der ethischen Verantwortung beim Umgang mit höheren Organismen bewusst; • sind zur Teamarbeit befähigt; • erweitern die Kenntnisse zur Probenvorbereitung für die Mikroskopie und können sicher mit Mikroskopen umgehen; • sind fähig, ausgewählte Tier- und Pflanzenarten fachgerecht zu präparieren und mikroskopisch zu untersuchen; sind in der Lage histologische Präparate fachgerecht zu zeichnen.
7	Prerequisites	Inhaltliche Voraussetzung für das erfolgreiche Bestehen ist die Vorlesung „ <i>Biologie für Nebenfächler</i> “
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Series of reports (45 minutes) Protokollheft ca. 50 Seiten
11	Grading procedure	Series of reports (pass/fail)

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Campbell: Biologie; • Wehner/Gehring: Zoologie

1	Module name 62042	Anorganische Chemie - Chemie der Metalle Inorganic chemistry	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Anorganische Chemie 2 - Chemie der Metalle (5 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Julien Bachmann Dr. Andreas Scheurer Dr. Jörg Sutter Prof. Dr. Karsten Meyer Dr. Frank Wilhelm Heinemann Prof. Dr. Karl Mandel	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Chemie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 62065	Allgemeine und Anorganische Chemie mit Experimenten General and inorganic chemistry with experiments	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Allgemeine und Anorganische Chemie (mit Experimenten) (4 SWS, WiSe 2025) Das Praktikum ist anwesenheitspflichtig.	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Ingrid Span	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Ingrid Span
5	Contents	Grundzüge der Allgemeinen und Anorganischen Chemie: Atommodelle, Aufbau des Periodensystems, chemische Bindungsarten, grundlegende anorganische Verbindungsklassen, Gasgesetze, Stöchiometrie, chemisches Rechnen, Zustandsdiagramme, chemische Thermodynamik und Kinetik, Theorie des Übergangszustandes, Katalyse in biologischen Systemen, chemisches Gleichgewicht, Redox-Reaktionen, Säure/Base-Reaktionen, Elektrolyse/Galvanisches Element, Chemie der Elemente (Hauptgruppenelemente), Grundlagen der Koordinations- und der bioanorganischen Chemie Spektroskopische Methoden für kinetische, mechanistische und strukturelle Untersuchungen Kurspraktikum: • Umgang mit anorganischen Säuren und Basen, Salzen und Komplexverbindungen, Grundzüge der qualitativen chemischen Analytik durch einfache Versuche mit Basisverbindungen der anorganischen Chemie, nasschemische Nachweise für Metall-Kationen und Anionen • Einführung in sicheres Arbeiten mit Gefahrstoffen in chemischen Laboratorien; Umgang mit chemischen Abfällen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie im Hinblick auf biologische Problemstellungen und können diese erklären; • sind fähig, spektroskopische Methoden für kinetische, mechanistische und strukturelle Untersuchungen anzuwenden; • sind in der Lage, die Vorlesungsinhalte im Kurspraktikum umzusetzen und die im Praktikumsplan vorgesehenen Versuche selbständig durchzuführen; • verfügen über anwendbares Wissen zum Umgang mit Gefahrstoffen und Abfällen in chemischen Laboratorien; • verfügen über Kenntnisse von Umweltbelangen und rechtlichen Grundlagen.
7	Prerequisites	Die Eingangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum ist das erfolgreiche Bestehen der Klausur oder (als Ersatz für Erstsemesterstudenten) das erfolgreiche Bestehen eines Eingangstests (Sicherheitsaspekte).
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Chemie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written

		Written examination PL: Klausur 90 Min. SL: Anfertigung eines Laborjournals ca. 50 Seiten, in dem als Dokumentation die Ergebnisse der chemischen Analysen gesondert aufgelistet werden (=Analyseheft) (unbenotet)
11	Grading procedure	Written (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 210 h Independent study: 90 h
14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• E. Dane, F. Wille, H. Laatsch: Kleines Chemisches Praktikum, 10. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2004; • C. E. Mortimer, U. Müller: Chemie, 10. Aufl., Thieme, 2010

1	Module name 62963	Allgemeine Organische Chemie General organic chemistry	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Organische Chemie 1 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Andreas Hirsch	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Hirsch
5	Contents	Grundlegende Konzepte und Stoffklassen der Organischen Chemie, chemische Terminologie, chemische Eigenschaften: • Alkane, Alkene, Alkine • Delokalisierte pi-Systeme • Stereoisomerie • Alkohole • Ether • Aldehyde und Ketone • Carbonsäuren und Derivate • Amine und Aminosäuren • Heterocyclen • Dicarbonylverbindungen • Biopolymere und Bioaggregate - Grundbausteine des Lebens und der Biochemie • Biochemische Grundprozesse
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen die elementaren Stoffklassen organischer Moleküle und können deren physikalische und chemische Eigenschaften verstehen und einschätzen • kennen die Eigenschaften von funktionellen Gruppen in organischen Molekülen • beherrschen die chemische Terminologie und einfache Syntheseprozesse.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Chemie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	K.P.C Vollhardt, N.E. Schore: Organische Chemie (WileyVCH)

1	Module name 76930	Hauptmodul A Linguistics Main module A: Linguistics	10 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Independent Study Group (1 SWS) Hauptseminar: Comparing clauses (2 SWS) Hauptseminar: Controlled and automatic processing Hauptseminar: "What does it mean to mean?" An introduction to Semantics (2 SWS)	- - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Lotte Sommerer Dr. Barbara Bloom Prof. Dr. Ewa Dabrowska	

4	Module coordinator	Dr. Michael Klotz
5	Contents	In den vorangegangenen Modulen haben die Studierenden bereits umfassende Kenntnisse über theoretische Ansätze in der Linguistik und in der linguistischen Methodik erworben. Dieses Modul vermittelt grundlegende Konzepte und spezifischere Ansätze der Bereiche <i>Angewandte Linguistik</i>, <i>Deskriptive Linguistik</i> oder <i>Historische Sprachwissenschaft</i>. Auf diese Weise erhalten die Studierenden das nötige Fachwissen, um ungelöste Fragen und Problemfälle zu diskutieren und sich in Arbeitsgruppen (<i>Independent Study Group</i>) mit Projekten des jeweiligen Bereiches zu beschäftigen.
6	Learning objectives and skills	Studierende - wenden ihre Kenntnisse unterschiedlicher Ansätze im gewählten Bereich vertieft an und - bauen folgende Fähigkeiten und Fertigkeiten weiter aus: - Beschreibung linguistischer Phänomene - Anwendung linguistischer Analyse, auch innerhalb der kontrastiven Linguistik - Erkennen und Beschreiben von Diskrepanzen zwischen linguistischer Theorie und natürlichem Sprachgebrauch - Analyse der Eigenschaften und Ansprüche des Zielpublikums für angewandte linguistische Produkte. Studierende beobachten dadurch sprachliche Phänomene und linguistische Ansätze in einem größeren Zusammenhang und vernetzen diese miteinander. Der angewandte Teil dieses Moduls fördert die Kompetenz der Studierenden zur selbstständigen Projektarbeit: Im diskursiven Austausch mit anderen Seminarteilnehmenden vertreten Studierende wissenschaftlich begründete Positionen argumentativ und reflektieren diese kritisch.
7	Prerequisites	Dringende Empfehlung: Erfolgreicher Abschluss der Zwischenmodule I und II
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Englische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Written assignment
11	Grading procedure	Written assignment (100%)
12	Module frequency	Every second semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 255 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Ellis, N. C. (2011). "Implicit and explicit SLA and their interface," in <i>Implicit and Explicit Language Learning: Conditions, Processes, and Knowledge in SLA & Bilingualism</i>, eds. C. Sanz and R. P. Leow (Georgetown University Press), 35–47. Hartsuiker, R. J., and Moors, A. (2016). "On the automaticity of language processing," in <i>Entrenchment and the Psychology of Language Learning: How We Reorganize and Adapt Linguistic Knowledge</i>, ed. H. J. Schmid (Berlin: De Gruyter Mouton), 201–225. Ullman, M. T. (2016). "The declarative/procedural model: a neurobiological model of language learning, knowledge and use," in <i>The Neurobiology of Language</i>, eds. G. Hickok and S. Small (Amsterdam: Elsevier), 953–968.

1	Module name 77170	Optionsmodul L-GYM Linguistics Optional module (Teaching secondary education/ Gymnasium): Linguistics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Sprachhistorisches Seminar: Old English (2 SWS) Sprachhistorisches Seminar: History of the English Language (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Dr. Barbara Bloom Prof. Dr. Lotte Sommerer	

4	Module coordinator	Dr. Brigitta Mittmann
5	Contents	Die Inhalte des Optionsmoduls L-GYM <i>Linguistics</i> beziehen sich vor allem auf Fachrichtungen, die für die Studierenden examensrelevant sind. Dies betrifft beispielsweise die folgenden Themenbereiche: • Orthografie, Phonetik, Phonologie • Morphologie • Syntax • Lexikologie (synchron und diachron) • Lexikografie (synchron und diachron) • Pragmatik • Textlinguistik • Sprachvariation, regionale und soziale Varietäten • Englische Sprache, Kultur und Kommunikation • Altenglisch • Mittelenglisch • Frühneuenglisch
6	Learning objectives and skills	Im Optionsmodul L-GYM <i>Linguistics</i> spezialisieren sich die Studierenden weiter und vertiefen ihren Wissensstand in den diversen linguistischen Teilbereichen. Sie analysieren bestimmte linguistische Phänomene und setzen sich vor allem auch mit der fachlichen Diskussion zu ausgewählten Problembereichen und mit weiterführender Fachliteratur auseinander. Auf diese Weise dient das Modul der weiteren Vorbereitung auf das Staatsexamen Linguistik.
7	Prerequisites	Zwischenmodul L-GYM <i>Linguistics</i>
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Englische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (45 minutes) Klausur (45 Min.)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every second semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	Veranstaltungsspezifisch – wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

1	Module name 64910	Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld I Humans in the geological environment I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Matthias Göbbels
5	Contents	Die Inhalte des Seminars "Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld" sind fachliche Grundlagen über die Mensch-Umwelt-Beziehungen im geologischen Kontext, wie z.B. • Grundlagen im geologischen Kontext zu Mensch-Umwelt-Beziehung • Geothermie • Hydrogeologie • Rohstoffe • Glas & Keramik Die Inhalte der Übung sind praktische Anwendungen und Anschauungsmaterial begleitend zum Seminar. In der Veranstaltung Archäometrie werden Materialien und Techniken vom Altertum bis zur Neuzeit im technisch-gesellschaftlichen Kontext vorgestellt und bewertet. Dabei sind z.B. Kupfer, Bronze, Eisen und Edelmetalle wichtige Themen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • Grundlagen der Mensch-Umwelt-Beziehung erläutern und anwenden • Beispiele für technische Anwendung in der Geologie anführen und beschreiben • Geologische Herausforderungen der Gesellschaft diskutieren und bewerten • Materialien und Techniken im historisch-gesellschaftlichen Kontext in der Entwicklung nachvollziehen und verstehen
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written Oral (15 minutes)
11	Grading procedure	Written (pass/fail) Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Werden von den Dozenten in den jeweiligen Veranstaltungen vorgestellt.

1	Module name 64915	Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld II Humans in the geological environment II	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written Oral (15 minutes)
11	Grading procedure	Written (pass/fail) Oral (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 64980	Z-Edu-Geo 1 - Das System Erde Z-Edu-Geo 1 - Earth as a system	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	PD Dr. Anette Regelous
5	Contents	Die Inhalte des Seminars sind: • Entstehung der Elemente • Entstehung des Sonnensystems • Aufbau und Entwicklung des Systems Erde • Grundlagen des Vulkanismus und der Plattentektonik • Einführung in die Seismik • Entstehung und Entwicklung der kontinentalen und ozeanischen Kruste • Übersicht über die Entwicklung des Lebens und der Atmosphäre • Grundlagen über die wichtigsten Minerale und Gesteine • Einführung in die Bildung von Rohstoffen • Entstehung der Atmosphäre • Entwicklung des Klimas durch die Erdgeschichte
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • die Entstehung der Elemente erläutern • fachwissenschaftliche Grundlagen und die Zusammenhänge des System Erde erklären • die Entstehung und Entwicklung der ozeanischen und kontinentalen Kruste wiedergeben • Grundlagen der Forschungsmethodik wie z.B. Seismik erklären • die Entwicklung des Lebens und der Atmosphäre erläutern • Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels wiedergeben
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation (60 minutes)
11	Grading procedure	Presentation (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 64985	Z-Edu-Geo 2 - Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld Z-Edu-Geo 2 - Humans in the geoscientific environment	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Matthias Göbbels
5	Contents	Die Inhalte des Seminars "Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld" sind fachliche Grundlagen über die Mensch-Umwelt-Beziehungen im geologischen Kontext, wie z.B. • Grundlagen im geologischen Kontext zu Mensch-Umwelt-Beziehung • Geothermie • Hydrogeologie • Rohstoffe • Glas & Keramik Die Inhalte der Übung sind praktische Anwendungen und Anschauungsmaterial begleitend zum Seminar. In der Veranstaltung Archäometrie werden Materialien und Techniken vom Altertum bis zur Neuzeit im technisch-gesellschaftlichen Kontext vorgestellt und bewertet. Dabei sind z.B. Kupfer, Bronze, Eisen und Edelmetalle wichtige Themen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • Grundlagen der Mensch-Umwelt-Beziehung erläutern und anwenden • Beispiele für technische Anwendung in der Geologie anführen und beschreiben • Geologische Herausforderungen der Gesellschaft diskutieren und bewerten • Materialien und Techniken im historisch-gesellschaftlichen Kontext in der Entwicklung nachvollziehen und verstehen
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Werden von den Dozenten in den jeweiligen Veranstaltungen vorgestellt.

1	Module name 35411	Sprachnorm und Variation (Germanistik) Compulsory elective module: Linguistic norms and variation (German language)	10 ECTS
2	Courses / lectures	Masterseminar Linguistik Sprachnorm Übung Linguistik Sprachnorm	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Oliver Schallert
5	Contents	Zentrale Inhalte des Master- bzw. Hauptseminars sind: • Beschäftigung mit Fragen der Normierung des Deutschen auf den verschiedenen Sprachebenen • Auseinandersetzung mit der gleichzeitig vorhandenen Sprachvariation • Diskussion sprachlicher Zweifelsfälle • Sprachkritik und Sprachnormenkritik • Bewertung fremdsprachlicher Einflüsse auf das Deutsche • Standardisierungsprozesse, deskriptive und präskriptive Grammatikographie • institutionelle Formen der Sprachpflege im Deutschen Die Übung dient der Besprechung gemeinsamer Lektüre und der Vermittlung und Übung der empirischen Arbeit mit Sprachkorpora des Deutschen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden werden in die Lage versetzt • zu wissen, auf welcher Grundlage sich die Vielfalt sprachlicher Formen ausbildet, • zu begreifen, wie sich sprachliche Normen konstituieren, • sprachkritische Diskurse zu kennen und kritisch zu bewerten, • zu reflektieren, wie sich deskriptive und präskriptive Ansätze zueinander verhalten und • ein Bewusstsein für die Veränderbarkeit sprachlicher Normen zu entwickeln.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation and written assignment Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (15-25 Seiten) (0 + 100 %)
11	Grading procedure	Presentation and written assignment (100%) Hausarbeit = 100%
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

1	Module name 35472	Grammatik und Lexikon: Theorie und Anwendung, aus Muttersprachen- und DaF-Perspektive Grammar and lexicon: Theory and practice (from the perspective of native speakers and German as a foreign language)	10 ECTS
2	Courses / lectures	Masterseminar Linguistik Grammatik und Lexikon - Hauptseminar: M-LingGram - HS: Einführung in die Grammatiktheorie (Schallert) (2 SWS, SoSe 2025) Übung Linguistik Grammatik und Lexikon - Übung: M-LingGram - UE zum HS "Einführung in die Grammatiktheorie" (Gunkler-Frank) (1 SWS, SoSe 2025)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Oliver Schallert Katharina Gunkler-Frank	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Oliver Schallert
5	Contents	• ausgewählte Themen verschiedener Grammatiktheorien zum Deutschen (aber auch mit kontrastiver Perspektive auf andere Sprachen) aus den Bereichen Morphosyntax, Syntax, Satzsemantik, Textgrammatik • Fragen zur Grammatikographie, z.B. vergleichende Analyse von Grammatikhandbüchern oder Sprachlehrwerken • kritische Analyse bestehender grammatischer Regeln, z.B. durch corpusbasierte Grammatikforschung Das Hauptseminar (HS) behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus dem Bereich der angewandten Grammatikforschung, wobei ein Schwerpunkt in der deutschen Gegenwartssprache liegt, Sprachvergleiche aber möglich sein sollen. Die Übung kann als Lektürekurs oder zu Zwecken der Korpusrecherchen gestaltet werden.
6	Learning objectives and skills	Allgemein 1. Die Leitung einer Seminardiskussion üben. 2. Die Anfertigung einer schriftlichen Arbeit der Textsorte wissenschaftliche Hausarbeit üben. Spezifisch 1. Überfachliches Wissen erwerben, indem die Anwendungsmöglichkeiten auch für angrenzende Fächer eingestuft werden können 2. Vertiefte Kenntnisse in Methoden der Grammatikanalyse erwerben 3. Vorgestellte Theorien und Methoden kritisch vergleichen und reflektieren 4. Aktuelle Fragestellungen der Grammatikforschung und Grammatikographie kompetent und sachkundig diskutieren

		5. Einzelfragen zur Grammatik im Detail analysieren, so dass ein vertiefter Einblick in grammatische Strukturen erlangt wird 6. Eigenständige Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragestellungen zu ausgewählten Bereichen der Grammatik
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Mündliche Prüfung (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (ca. 20 Seiten) (50 + 50 %). Art und Umfang der Prüfung werden zu Beginn der Vorlesungszeit bekanntgegeben. Sie sind abhängig vom konkreten didaktischen Charakter der gewählten Lehrveranstaltung.
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Mündliche Prüfung (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (ca. 20 Seiten) (50 + 50 %)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 255 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Literatur wird semesteraktuell bekanntgegeben.

1	Module name 35492	Sprachvariation - Sprachkontakt - Kontrastive Linguistik Language variation - language contact - contrastive linguistics	10 ECTS
2	Courses / lectures	Masterseminar Linguistik Sprachvariation Sprachkontakt Übung Linguistik Sprachvariation Sprachkontakt	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Mechthild Habermann
5	Contents	Zentrale Inhalte des Master- bzw. Hauptseminars sind: • Dimensionen sprachlicher Variation (sozial, geographisch, situationsbezogen und historisch) • Theorien und Methoden zur Erforschung von Sprach- und Dialektkontakt • Beschreibung und Abgrenzung von sprachlichen Varietäten entlang dieser Dimensionen • Aufbau, Struktur und Anwendung variationslinguistischer Korpora • Erhebung empirischer Daten zur sprachlichen Variation (Beobachtung, Befragung, experimentelle Erhebung) • Repräsentation variationslinguistischer Daten • qualitative und quantitative Methoden der Datenanalyse Im Hauptseminar (HS) werden anhand eines spezifischen Themas variationslinguistische Daten zu Sprachwandel, Dialektologie, Soziolinguistik, Pragmatik sowie zu Sprachkontaktphänomen untersucht.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • lernen, Sprachen als Varietätengefüge zu begreifen • erhalten Einblick in Forschungsarbeiten zur sprachlichen Variation und einen Forschungsüberblick zu spezifischen variationslinguistischen Fragestellungen • erwerben Einblicke in den Ablauf von Sprach- und Dialektkontakten sowie zu ihren Folgen im sprachlichen System • vertiefen ihre Kenntnisse zur Erhebung, Präsentation und Analyse variationslinguistischer Daten • üben den Umgang mit sprachlichen Korpora und variationslinguistischen Datenbanken und • erwerben Kompetenzen zur Beschreibung sprachlicher Variation und ihrer linguistischen und extralinguistischen Grundlagen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Wissenschaftliche Präsentation (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (15-25 Seiten) (0 + 100 %) Art und Umfang der Prüfung werden zu Beginn der Vorlesungszeit bekanntgegeben. Sie sind abhängig vom konkreten didaktischen Charakter der gewählten Lehrveranstaltung.
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Wissenschaftliche Präsentation (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (15-25 Seiten) (0 + 100 %)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Literatur wird semesteraktuell bekanntgegeben.

1	Module name 35501	Historische Linguistik und Sprachwandel Compulsory elective module: Historical linguistics - language change	10 ECTS
2	Courses / lectures	Masterseminar Linguistik Historische Linguistik - Hauptseminar: M-LingHist - HS: Wortschatz im Wandel (Habermann) (2 SWS, SoSe 2025) - Übung: M-LingHist - UE zum HS: Wortschatz im Wandel (Willberg) (2 SWS, SoSe 2025) Übung Linguistik Historische Linguistik	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Mechthild Habermann Judith Willberg	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Mechthild Habermann
5	Contents	Zentrale Inhalte des Master- bzw. Hauptseminars sind: - intensive Auseinandersetzung mit Gegenständen der historischen Grammatik - vertiefter Einblick in Ursachen und Folgen von Sprachwandelprozessen - Kenntnis von Entstehung und Wandel historischer Texte aus dem Bereich der Gebrauchsprosa - Kenntnis historischer Grammatikographie und Lexikographie - Geschichte der Sprachreflexion - Sprachgeschichte als Kulturgeschichte Zu den Themen des HS gehören u.a.: - historische Textanalyse - historische Grammatik - Sprachwandeltheorien - Sprachbewusstseinsgeschichte - historische Grammatikographie und Lexikographie Die Übung bietet Gelegenheit zur Lektüre und Analyse sprachhistorischer Texte mit ihrer jeweiligen sprachhistorischen Verortung aus unterschiedlichen Zeiträumen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - erlangen die Fähigkeit zur eingehenden Analyse historischer Texte - erkennen Ursachen und Folgen von Sprachwandelprozessen - gewinnen Einblick in die Genese und weitere Entwicklung unterschiedlicher Texttypen - erkennen die Eigengesetzlichkeit von Sprache zwischen Natur und Kultur und - erhalten Einblick in die Standardisierungsprozesse des Deutschen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Written or oral Wissenschaftliche Präsentation (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (15-25 Seiten) (0 + 100 %) Art und Umfang der Prüfung werden zu Beginn der Vorlesungszeit bekanntgegeben. Sie sind abhängig vom konkreten didaktischen Charakter der gewählten Lehrveranstaltung.
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Wissenschaftliche Präsentation (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (15-25 Seiten) (0 + 100 %)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Literatur wird semesteraktuell bekanntgegeben.

1	Module name 35571	Lexikographie und Lexikologie Compulsory elective module: Lexicography and lexicology	10 ECTS
2	Courses / lectures	Masterseminar Linguistik Lexikographie Übung Linguistik Lexikographie	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Christine Ganslmayer
5	Contents	• ausgewählte Themen der Lexikographie des Deutschen, des Englischen (wahlweise auch anderer Sprachen), z.B. Wörterbuchproduktion, Spezialwörterbücher, elektronische Wörterbücher, Korpusarbeit, Fachwörterbücher, Wörterbuchstrukturen • ausgewählte Themen der Lexikologie des Deutschen, des Englischen (wahlweise auch anderer Sprachen), z.B. Wortschatzstrukturierungen, lexikalische Semantik, Valenz, Quantitative Ansätze, Korpusauswertungen, Neologismen, Terminologien Das Hauptseminar (HS) behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus den Bereichen der Lexikographie und/oder Lexikologie. Die Übung kann als Lektürekurs, mit umfassenden empirischen Wörterbuchanalysen oder mit Korpusrecherchen gestaltet werden.
6	Learning objectives and skills	1. Wissensverbreiterung und eine Wissensvertiefung im Bereich der Lexikographie und Lexikologie 2. Überfachliches Wissen erwerben, indem die Anwendungsmöglichkeiten auch für angrenzende Fächer eingestuft werden können 3. Erweiterte Kenntnisse in den wesentlichen Methoden und Arbeitsmitteln erwerben 4. Die vorgestellten Theorien und Methoden kritisch reflektieren 5. Aktuelle Fragestellungen der Lexikographie und Lexikologie kompetent und sachkundig diskutieren können 6. Wörterbücher im Detail analysieren, so dass ein tieferer Einblick in die Strukturiertheit von verschiedenen Wörterbuchtypen erlangt wird 7. Eigenständige Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragestellungen aus dem Bereich der Lexikographie und Lexikologie.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Mündliche Prüfung (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (ca. 20 Seiten) (50 + 50 %)

		Art und Umfang der Prüfung werden zu Beginn der Vorlesungszeit bekanntgegeben. Sie sind abhängig vom konkreten didaktischen Charakter der gewählten Lehrveranstaltung.
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Mündliche Prüfung (30 Min., 100 %) oder Referat (ca. 20 Min.) und Hausarbeit (ca. 20 Seiten) (50 + 50 %)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 255 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Literatur wird semesteraktuell bekanntgegeben.

1	Module name 77303	Grundlagen der germanistischen Linguistik (Ling BM-1) Foundations of German linguistics I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Ling BM-1 Einführungskurs: Ling BM-1: Einführung in die germanistische Linguistik (3 SWS) Es besteht Anwesenheitspflicht. Die Fähigkeiten und Kompetenzen – insbesondere für das Einüben und Verfestigen von Analysefähigkeiten, die interaktive Wissensvermittlung und die praxisorientierte Förderung spezifischer germanistischer Kompetenzen – werden in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil der Lehrveranstaltung. Da sich die Lehrveranstaltung als Spezialveranstaltung versteht, sind die Inhalte untrennbar an die Person des Lehrenden gebunden; es ist daher nicht möglich, den Besuch der Lehrveranstaltung durch Selbststudium zu kompensieren.	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Karin Rädle	

4	Module coordinator	Dr. Karin Rädle
5	Contents	• Vermittlung von Grundlagen zu zentralen Teilbereichen der Sprachwissenschaft • Einführung in die grundlegende Fachterminologie der germanistischen Linguistik • Darstellung der zentralen Hilfsmittel und Arbeitsmethoden • Einführung in problemorientierte Fragestellungen • Einführung in Grundlagen der Sprachanalyse Das Einführungsseminar Grundlagen der Sprachwissenschaft • bietet einen Überblick über die linguistischen Teilgebiete Zeichentheorie, Phonetik/Phonologie, Graphematik/Orthographie, Morphologie, Wortbildung, Syntax, Semantik und Pragmatik, • führt in die zentralen sprachwissenschaftlichen Methoden ein, • vermittelt einen Überblick über Forschungsbereiche, die auf Aspekte der Sprachverwendung bezogen sind Es bleibt vorbehalten, dass Teile des Einführungsseminars im Plenum abgehalten werden. Das Tutorium dient der Vertiefung und Übung der im Modul gebotenen Kenntnisse und Methoden. Hinweis: Für das Erreichen der Modulziele – insbesondere für das Einüben und Verfestigen von Analysefähigkeiten, die interaktive Wissensvermittlung und die praxisorientierte Förderung spezifischer germanistischer Kompetenzen – ist eine aktive Mitarbeit der Studierenden unerlässlich.

6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben grundlegende Kenntnisse in den wesentlichen Methoden und Arbeitsmitteln, • können die vorgestellten Theorien und Methoden kritisch reflektieren, • lernen, die Sprache auf verschiedenen sprachstrukturellen Ebenen zu unterscheiden, und • sind in der Lage, sprachliche Ebenen in Ansätzen zu analysieren.
7	Prerequisites	a) für den Studiengang BA Germanistik: keine b) für das Lehramt (vertieft/nicht vertieft studiert): keine c) für weitere Studiengänge: keine
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written Klausur (60-70 Min.) oder Portfolio (3 schriftliche Aufgaben) in einem Gesamtumfang von ca. 10 Seiten. Art und Umfang der Prüfung sind abhängig vom konkreten didaktischen Charakter der von der bzw. dem Studierenden gewählten Lehrveranstaltung und werden am Beginn der Vorlesungszeit bekanntgeben.
11	Grading procedure	Written (pass/fail)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Informationen zu Literaturhinweisen werden in den Lehrveranstaltungen des Moduls zur Verfügung gestellt.

1	Module name 77403	Vertiefungsmodul Linguistik 1 (Ling VM-1) Advanced module Linguistics 1 (Ling VM-1)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Ling VM-Hauptseminar: Wortbildung (in Nürnberg, nur für LA GS, MS, RS, Berufl. Schulen; Rädle, Fr) (2 SWS) Hauptseminar: Ling VM-Hauptseminar: Topologie Hauptseminar: Ling VM-Hauptseminar: Die Erlanger Hugenotten: Geschichte, Sprache, Kultur (in Erlangen, nur für BA, LA Gym und LA Berufliche Schulen) (2 SWS) Hauptseminar: Was ist eigentlich mittelalterliches Deutsch? (Kragl / Schallert) (2 SWS)	- - - 7 ECTS
3	Lecturers	Dr. Karin Rädle Dr. Jussara Paranhos Zitterbart Joachim Peters Prof. Dr. Oliver Schallert Prof. Dr. Florian Kragl	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Mechthild Habermann
5	Contents	Das Hauptseminar behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema insbesondere aus den Bereichen Beschreibung und Analyse der Gegenwartssprache, historischer Sprachstufen und sprachlicher Varietäten einschließlich Lernersprachen, aus den Bereichen Sprachwandel, Sozio- und Pragmalinguistik sowie aus dem Bereich der Beschreibung und Analyse des Sprachgebrauchs im Hinblick auf Grammatik, Semantik, Lexikon, Text und Diskurs. Hinweis: Für das Erreichen der Modulziele – insbesondere für das Einüben und Verfestigen von Analysefähigkeiten, die interaktive Wissensvermittlung und die praxisorientierte Förderung spezifischer germanistischer Kompetenzen – ist eine aktive Mitarbeit der Studierenden unerlässlich.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • werden an forschungsorientiertes Arbeiten herangeführt • erschließen Forschungsliteratur sowie fachspezifische Forschungsressourcen und reflektieren sie kritisch, bearbeiten relevante Datenausschnitte und stellen Anwendungsbezüge her • analysieren und beschreiben sprachliche Erscheinungen themenbezogen • erwerben Beschreibungs- und Erklärungskompetenzen für die Erfassung sprachlicher Varianten, ihrer soziokulturellen Bedingtheiten in Geschichte und Gegenwart und ihrer Variation im Rahmen von Spracherwerbsprozessen • erwerben grundlegende methodische Kompetenzen im Umgang mit Sprachkorpora.

7	Prerequisites	Empfehlung: alle Basismodule und Aufbaumodule des Teilbereichs
8	Integration in curriculum	semester: 4
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation and written assignment Referat (10-40 Min.) und Hausarbeit (ca. 15-20 S.) (25 % + 75 %)
11	Grading procedure	Presentation and written assignment (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Informationen zu Literaturhinweisen werden in den Lehrveranstaltungen des Moduls zur Verfügung gestellt.

1	Module name 77433	Vertiefungsmodul Linguistik 2 (Ling VM-2) Advanced module Linguistics 2 (Ling VM-2)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Kolleg: Ling VM-Kolleg: Texte – linguistisch betrachtet (Erlangen, Präsenz, geöffnet für alle Studiengänge) (2 SWS) Kolleg: Ling VM-Kolleg: Texte – linguistisch betrachtet (Nürnberg, Zoom, nur für LA GS, MS, RS, Berufl. Schulen) (2 SWS) Kolleg: Ling VM-Kolleg: Die germanischen Sprachen (in Erlangen, geöffnet für alle Studiengänge; Schallert, Mo) (2 SWS) Es besteht Anwesenheitspflicht. Die Fähigkeiten und Kompetenzen werden in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars. Da sich Hauptseminar oder Kolleg als Spezialveranstaltung verstehen, sind die Inhalte untrennbar an die Person des Lehrenden gebunden; es ist daher nicht möglich, den Besuch der Lehrveranstaltung durch Selbststudium zu kompensieren.	- - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Mechthild Habermann Prof. Dr. Oliver Schallert	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Eva Breindl-Hiller
5	Contents	Vermittlung von vertieften Kenntnissen im Bereich der gegenwartsbezogenen und historischen Sprachbeschreibung, Sprachanalyse und geeigneter methodischer Zugänge, z. B. • Grammatik des Deutschen (Graphematik, Morphologie, Syntax, Textlinguistik), Semantik und Lexikon, auch unter der Perspektive des Deutschen als Fremdsprache • Diskussion themenbezogener theoretischer Konzepte • Darstellung von Sprache in ihrer sozialen, räumlichen, situationsbezogenen und historischen Dimension • Beschreibung und Analyse von Sprache im Rahmen des Spracherwerbs • Analyse und Beschreibung von sprachlichen Varietäten älterer Sprachstufen des Deutschen, von regionalen Varietäten, von Fach-, Sonder- und Gruppensprachen oder von Formen sprachlichen Handelns (Pragmatik, Gesprächslinguistik) im Allgemeinen • Analyse und Beschreibung zentraler Sprachwandelerscheinungen des Deutschen. Hinweis: Für das Erreichen der Modulziele – insbesondere für das Einüben und Verfestigen von Analysefähigkeiten, die interaktive Wissensvermittlung und die praxisorientierte Förderung spezifischer

		germanistischer Kompetenzen – ist eine aktive Mitarbeit der Studierenden unerlässlich.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erlangen einen tieferen Einblick in die Strukturiertheit exemplarischer Teilbereiche der deutschen Grammatik/ Textlinguistik oder des deutschen Wortschatzes in seiner gegenwartssprachlichen Dimension oder in den Bereich „Deutsch als Fremdsprache“ • erhalten Einblick in die Vielfalt sprachlicher Variationen und Sprachkontakte unterschiedlicher Provenienz im soziokulturellen Kontext in Geschichte und Gegenwart sowie in zentrale Bereiche des Sprachwandels • entwickeln ein Verständnis für Sprachen als historisch gewordene, identitätsstiftende Einheiten • gewinnen Vertrautheit in der Anwendung linguistischer Methoden und • erwerben eine vertiefte Analysekompetenz durch eigenständige Auseinandersetzung mit themenbezogenen wissenschaftlichen Fragestellungen
7	Prerequisites	Empfehlung: alle Basismodule und Aufbau module des Teilbereichs
8	Integration in curriculum	semester: 4
9	Module compatibility	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Unbenotete mündliche Prüfung (10-15 Min.) oder unbenotete Präsentation (15-30 Min.). Art und Umfang der Prüfung sind abhängig vom konkreten didaktischen Charakter der von der bzw. dem Studierenden gewählten Lehrveranstaltung und werden am Beginn der Vorlesungszeit bekanntgeben.
11	Grading procedure	Oral (pass/fail)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Informationen zu Literaturhinweisen werden in den Lehrveranstaltungen des Moduls zur Verfügung gestellt.

1	Module name 44050	Optimierung für Ingenieure Optimisation for engineers	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Optimization for Engineers (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Hild	

4	Module coordinator	Dr. Johannes Hild
5	Contents	Introduction to continuous optimization problems and methods with and without constraints • Classification of problem types • Optimality conditions and termination criteria • Descent directions and line search methods • Convergence analysis Unconstrained optimization • Steepest descent and conjugate gradient • Newton-type methods • Nonlinear Least Squares Constrained optimization • Projection methods • Trust Region • Barrier and penalty methods • Interior point methods Noisy Functions • Simplex Gradient • Implicit Filtering
6	Learning objectives and skills	Competences Know • Students list requirements, strengths and weaknesses of common optimization methods. • Students recognize crucial components in existence and convergence proofs in the context of minimizing sequences. Understand • Students explain the different components of optimization methods. • Students describe the relationship between requirements and conclusions of existence and convergence theorems in the context of minimizing sequences. Apply • Students check feasibility, well-posedness and constraint qualifications of optimization problems. • Students formulate and solve optimality conditions analytically. • Students apply optimization algorithms to optimization problems. Analyse • Students analyse uncommon optimization approaches and extract their requirements, strengths and weaknesses. Evaluate

		- Students evaluate the class and structure of unsolved optimization problems. - Students choose suitable algorithmic approaches for unsolved optimization problems. Create - Students formulate optimization problems using mathematical methods and structures. - Students modify and combine common optimization routines to create project-specific algorithms for unsolved optimization problems.
7	Prerequisites	Requires contents of the lecture Mathematics for Engineers I, II and III. Especially: - Linear algebra - Analysis of real valued functions - Differential and integral calculus in multi dimensional spaces Requires successful participation in the weekly e-learning assessments.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination 5 ECTS: Written exam (60 minutes) open book online based on the content of the lecture.
11	Grading procedure	Written examination (100%) The grade of the module equals the grade of the written exam.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Nocedal, Jorge and Wright, Stephen J.: Numerical Optimization. Springer Serie in Operations Research, 2006. Kelley, C. T.: Iterative Methods for Optimization. Frontiers in Applied Mathematics 18, SIAM Philadelphia 1999; Polak, E.: Optimization. Algorithms and Consistent Approximations. Applied Mathematical Sciences, Volume 124, Springer-Verlag New York, 1997. Jarre, F.: Optimierung, Springer 2003;

1	Module name 44060	Optimierung für Ingenieure mit Praktikum Optimisation for engineers (with laboratory)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Optimization for Engineers (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Hild	

4	Module coordinator	Dr. Johannes Hild
5	Contents	Introduction to continuous optimization problems and methods with and without constraints • Classification of problem types • Optimality conditions and termination criteria • Descent directions and line search methods • Convergence analysis Unconstrained optimization • Steepest descent and conjugate gradient • Newton-type methods • Nonlinear Least Squares Constrained optimization • Projection methods • Trust Region • Barrier and penalty methods • Interior point methods Noisy Functions • Simplex Gradient • Implicit Filtering Programming Laboratory • Implementation of optimization algorithms • Algorithmic optimization of test problems • Solving a benchmark problem
6	Learning objectives and skills	Competences Know • Students list requirements, strengths and weaknesses of common optimization methods. • Students recognize crucial components in existence and convergence proofs in the context of minimizing sequences. • Students identify optimization routines written in a programming language. Understand • Students explain the different components of optimization methods. • Students describe the relationship between requirements and conclusions of existence and convergence theorems in the context of minimizing sequences. Apply • Students check feasibility, well-posedness and constraint qualifications of optimization problems. • Students formulate and solve optimality conditions analytically.

		- Students apply optimization algorithms to optimization problems. Analyse - Students analyse uncommon optimization approaches and extract their requirements, strengths and weaknesses. - Students observe the behavior of common optimization algorithms applied to numerical test problems. Evaluate - Students evaluate the class and structure of unsolved optimization problems. - Students choose suitable algorithmic approaches for unsolved optimization problems. Create - Students formulate optimization problems using mathematical methods and structures. - Students modify and combine common optimization routines to create project-specific algorithms for unsolved optimization problems. - Students plan and implement optimization algorithms in a programming language.
7	Prerequisites	Requires contents of the lecture Mathematics for Engineers I, II and III. Especially: - Linear algebra - Analysis of real valued functions - Differential and integral calculus in multi dimensional spaces Requires successful participation in the weekly e-learning assessments and lab programming works. Requires basic knowledge in the implementation of algorithms and data structures in a development environment.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination Tutorial achievement 5 ECTS: Written exam (60 minutes) open book online based on the content of the lecture. 2.5 ECTS: Completing the programming homework assignments of the laboratory within the specific deadlines (5 weeks in the second half of summer term). Both parts can be done independently from each other.
11	Grading procedure	Written examination (100%) Tutorial achievement (pass/fail) The grade of the module equals the grade of the written exam. The laboratory is only pass or fail and does not influence the grade of the module.

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Nocedal, Jorge and Wright, Stephen J.: Numerical Optimization. Springer Serie in Operations Research, 2006. Kelley, C. T.: Iterative Methods for Optimization. Frontiers in Applied Mathematics 18, SIAM Philadelphia 1999; Polak, E.: Optimization. Algorithms and Consistent Approximations. Applied Mathematical Sciences, Volume 124, Springer-Verlag New York, 1997. Jarre, F.: Optimierung, Springer 2003;

1	Module name 48071	Introduction to Statistics and Statistical Programming Introduction to statistics and statistical programming	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Introduction to Statistics and Statistical Programming (2 SWS) Übung: Computer lab classes "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Übung: Problem session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Tutorium: Review session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Review session: participation voluntary	2 ECTS 1 ECTS 2 ECTS 0 ECTS
3	Lecturers	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	
5	Contents	• Introduction to the statistical software R and elementary programming • Descriptive statistics: visualisation and parameters of categorial and metric data, qq-plot, curve fitting, log- and loglog-plots, robust techniques • Inferential statistics: methods for estimating and testing: parametric tests, selected non-parametric tests, exact and asymptotic confidence regions • Simulation: random numbers, Monte carlo	
6	Learning objectives and skills	The students are able to • describe and explain standard techniques in descriptive and inferential statistics. • explain their solution of a non-trivial statistical problem to other people and to discuss alternative solutions within a group. • perform statistical standard analyses within a prescribed time limit on the computer, and to correctly interpret the computer output. • perform elementary statistical simulations. • formulate adequate questions concerning a given data set, suggest correct methods for analysis, and to implement these on the computer.	
7	Prerequisites	Stochastische Modellbildung (strongly recommended)	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (90 minutes) Examination: written exam 90 min Exercise performance: weekly homework (approx. 4 tasks per week)	
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail)	

		Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Lecture notes • Rice: Mathematical Statistics and Data Analysis; Thomson, 2007 • www.cran.r-project.org

1	Module name 64620	Numerik I für Ingenieure Numerics for engineers I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Michael Fried apl. Prof. Dr. Wilhelm Merz
5	Contents	• Elementare Numerik: Direkte und iterative Lösungsverfahren bei linearen Gleichungssystemen, Interpolation mit Newton-Polynomen und Splines, Quadratur mit Newton-Côtes-Formeln, Extrapolation nach Romberg • Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen: Verschiedene Runge-Kutta Methoden als Einschrittverfahren, Konsistenz, Stabilität- und Konvergenzaussage, Mehrschrittverfahren
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden lernen • verschiedene numerische Methoden zur Lösung linearer Gleichungssysteme • verschiedene Methoden zu beurteilen • Interpolationstechniken und Güte der Approximation • grundlegende Quadraturverfahren und die Beurteilung solcher • grundlegende Diskretisierungsmethoden bei gewöhnlichen Differentialgleichungen • Beurteilung dieser Methoden und Verfahren • algorithmische Umsetzung o.g. Verfahren als Grundlage für Computer-Codes
7	Prerequisites	Kurse Mathematik für Ingenieure I, II und III
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• Skripte des Dozenten • H.-R. Schwarz, N. Köckler: [Numerische Mathematik], Teubner

1	Module name 64631	Numerik II für Ingenieure Numerics for engineers II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zur Numerik II für Ingenieure (2 SWS) Übung: Num2U (2 SWS) Vorlesung: Numerik II für Ingenieure (2 SWS)	- - -
3	Lecturers	Dr. Michael Fried	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Wilhelm Merz
5	Contents	*Numerik partieller Differentialgleichungen* Finite Differenzenmethode, Stabilität, Konsistenz, Konvergenz, Einführung finite Elementmethode bei elliptischen Problemen, Fehlerschätzer
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären verschiedene Diskretisierungsmethoden • beurteilen diese Diskretisierungsmethoden • leiten Finite Elemente Diskretisierungen elliptischer Probleme her • folgern Aussagen anhand grundlegender Beweistechniken aus oben genannten Bereichen • konstruieren Algorithmen zu Finite Elemente Diskretisierungen • erklären Fehlerschätzer
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Skripte des Dozenten H. Jung, M. Langer, Methode der Finiten Elemente, Teubner P. Knabner, L. Angermann, Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer

1	Module name 65080	Topologie Topology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	Contents	• Stetige Funktionen, Zusammenhang, Trennungsaxiome • Erzeugung von Topologien (initiale, finale, Quotienten etc.) • Konvergenz in topologischen Räumen (Filter, Netze) • Kompaktheit (Satz von Tychonov, kompakte metrische Räume, lokalkompakte Räume) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • wenden die Methoden der allgemeinen Topologie, die in den Grundvorlesungen nur am Rande vorkommen, an; • ordnen die topologischen Grundbegriffe in einen größeren Kontext ein
7	Prerequisites	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und II
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Wahlpflichtmodul in • B. Sc. Mathematik (Theoretische Mathematik) • B. Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematisches Wahlpflichtmodul) • Lehramt Mathematik (Geometrie)
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (60 minutes) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (unbenotet) Mündliche Prüfung (15 min)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%) Mündliche Prüfung (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript zu diesem Modul

1	Module name 65110	Funktionalanalysis Functional analysis	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Funktionalanalysis I (4 SWS) Übung: Übung zur Funktionalanalysis I (2 SWS)	10 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Carsten Gräser	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Günther Grün
5	Contents	Grundlagen zu folgenden Themen: • Hilbert- und Banach-Räume • Sobolev-Räume • Lineare Operatoren • Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach • Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit • Kompakte Operatoren • Lösbarkeit linearer Gleichungen (inklusive Fredholm'sche Alternative) • Spektraltheorie kompakter Operatoren und Anwendungen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • nennen und erklären die Grundprinzipien der linearen Funktionalanalysis und verwenden diese; • kennen und erklären die Topologien von Hilbert- und Banachräumen, weisen Konvergenz von Folgen in unterschiedlichen Topologien nach (stark, schwach) und zeigen Implikationen aus kompakten Einbettungen auf; • beweisen Aussagen zu Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen linearer Operatorgleichungen und zeigen insbesondere die Existenz schwacher Lösungen zu Randwertproblemen bei linearen elliptischen Differentialgleichungen; • treffen Aussagen zur Integrierbarkeit bzw. Glattheit von Sobolev-Funktionen.
7	Prerequisites	empfohlen: Drei der vier Module Lineare Algebra I und II, Analysis I und II müssen bestanden sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (20 minutes) Tutorial achievement Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Grading procedure	Oral (100%) Tutorial achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Only in summer semester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskripte zu diesem Modul • H.W. Alt: Lineare Funktionalanalysis; Springer • D. Werner: Funktionalanalysis; Springer

1	Module name 65150	Nichtlineare Optimierung Nonlinear optimisation	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	Contents	- Unrestringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen, Abstiegsverfahren, Verfahren der konjugierten Richtungen, Variable-Metrik-Methoden und Quasi-Newton-Methoden) - Restringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - nennen und erklären Grundbegriffe der Nichtlinearen Optimierung; - modellieren und lösen praxisrelevante Probleme mit Hilfe der erlernten Verfahren; - sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her.
7	Prerequisites	empfohlen: Abschluss der Module Analysis I, Analysis II, Lineare Algebra I, Lineare Algebra II und Numerische Mathematik.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (90 minutes) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	- Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 1999 - Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2002

	• W. Alt: Nichtlineare Optimierung; Vieweg, 2002 • F. Jarre und J. Stoer: Optimierung; Springer, 2004 • M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms; Wiley, New York, 1993

1	Module name 65161	Lineare und Kombinatorische Optimierung Linear and combinatorial optimisation	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Dieter Weninger
5	Contents	Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Theorie und Lösung kombinatorischer und in diesem Kontext linearer Optimierungsprobleme. Wir behandeln klassische Probleme auf Graphen, wie das Kürzeste-Wege-Problem, das Aufspannende-Baum-Problem oder das Max-Flow-Min-Cut-Theorem. Zur Vorlesung gehören auch die Dualität der linearen Optimierung und das Simplexverfahren. Gegenstand der Vorlesung ist zudem die Analyse von Algorithmen und die Vermittlung algorithmischer Grundprinzipien. Neben der vierstündigen Vorlesung werden zweistündige Übungen angeboten. Anhand von Präsenz- und Hausaufgaben werden wesentliche Lerninhalte geübt. Zusätzlich werden Softwareübungen angeboten.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erkennen und analysieren selbstständig kombinatorische Optimierungsprobleme; • erläutern algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an; • klassifizieren komplexe Verfahren des Lerngebietes; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her
7	Prerequisites	empfohlen: Lineare Algebra
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Schrijver: Combinatorial Optimization Vol. A C; Springer, 2003 • Korte, J. Vygen: Combinatorial Optimization; Springer, 2005

1	Module name 65175	Robuste Optimierung 1 Robust optimization	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 1 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 1 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann Florian Rösel Martina Kuchlbauer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	Oft sind die Eingabedaten eines mathematischen Optimierungsproblems in der Praxis nicht exakt bekannt. In der robusten Optimierung werden deswegen möglichst gute Lösungen bestimmt, die für alle innerhalb gewisser Toleranzen liegenden Eingabedaten, zulässig sind. Die Vorlesung behandelt die Theorie und Modellierung robuster Optimierungsprobleme, insbesondere die robuste lineare und robuste kombinatorische Optimierung. Darüber hinaus werden anhand von Anwendungsbeispielen aktuelle Konzepte wie z.B. die wiederherstellbare Robustheit gelehrt. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erkennen selbstständig Optimierungsprobleme unter Unsicherheit, modellieren die zugehörigen robustifizierten Optimierungsprobleme geeignet und analysieren diese; • nutzen die passenden Lösungsverfahren und bewerten die erzielten Ergebnisse.
7	Prerequisites	empfohlen: Lineare Algebra Vorteilhaft ist das Modul Lineare und Kombinatorische Optimierung.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript zu diesem Modul

	• Ben-Tal, El Ghaoui, Nemirovski: Robust Optimization; Princeton University Press

1	Module name 65210	Einführung in die Numerik Introduction to numerics	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Eberhard Bänsch	
5	Contents	• Direkte Eliminationsverfahren für lineare Gleichungssysteme [Gauß mit Pivotsuche (Erinnerung), Cholesky, LR-Zerlegung für vollbesetzte (Erinnerung) Bandmatrizen] • Linear stationäre iterative Verfahren: Erinnerung und SOR-Verfahren • Verfahren für Eigenwertaufgaben (QR-Verfahren) • Fehleranalyse und Störungsrechnung (Gleitpunktarithmetik, Konditionsanalyse, schlechtgestellte Probleme) • Lineare Ausgleichsrechnung (Orthogonalisierungsverfahren, Numerik der Pseudoinverse) • Iterative Verfahren für nicht-lineare Gleichungssysteme (Fixpunktiteration, Newton-Verfahren, Gauß-Newton) • Interpolation (Polynome, Polynomialsplines, FFT) • Numerische Integration (Newton-Cotes, Gauß, Extrapolation, Adaption) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verwenden algorithmische Zugänge für Probleme der linearen Algebra und Analysis und erklären und bewerten diese; • urteilen insbesondere über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens; • setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch; • erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: (Direkte und) iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme, nicht-lineare Gleichungssysteme, insbesondere Newton-Verfahren, (nicht)lineare Ausgleichsrechnung, Interpolation und Integration, Numerik von Eigenwertaufgaben; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge	
7	Prerequisites	empfohlen: • Module zur Analysis und Linearen Algebra • Kenntnisse in MATLAB sind zwingend. Diese können in einem jeweils vor Semesterbeginn stattfindenden Kurs erworben werden.	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (90 minutes) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 105 h Independent study: 195 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• R. Schaback und H. Wendland: Numerische Mathematik; Springer, Berlin, 2005 • A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik I, II; Springer, Berlin, 2002 • P. Deuffhard und A. Hohmann: Numerische Mathematik I; de Gruyter, Berlin 2002 • J. Stoer: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005 • J. Stoer und R. Bulirsch: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005 • Vorlesungsskript auf der Homepage des Bereichs Modellierung, Simulation und Optimierung des Departments Mathematik, ständig neu an die Vorlesung angepasst

1	Module name 65254	Mathematische Modellierung Theorie Mathematical modelling theory	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Serge Kräutle
5	Contents	- Handwerkszeuge der mathematischen Modellierung: Dimensionsanalyse, asymptotische Entwicklung, Stabilitäts-, Sensitivitätsbetrachtungen, Existenz und Nichtnegativität von Lösungen - Modelle in Form von linearen Gleichungssystemen (elektrische Netzwerke, Stabwerke, Zusammenhang zu Minimierungsaufgaben), nicht-linearen Gleichungssystemen (chemisches Gleichgewicht in reaktiven Mehrspeziessystemen), Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen (chemische Reaktionen, Populationsmodelle) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - nennen und erklären die grundlegenden und vertiefenden Begriffe mathematischer Modellierung und verwenden die zugehörigen Prinzipien; - erstellen und bewerten, auf Basis exemplarischer Kenntnisse aus Ingenieur- und Naturwissenschaften, deterministische Modelle in Form von Gleichungssystemen und gewöhnlichen Differentialgleichungen selbstständig; - lösen vorgegebene Aufgaben mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch.
7	Prerequisites	empfohlen: - Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Praxis - Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semestrigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen empfohlen
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (15 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011 • F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011 • G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, 1986

1	Module name 65255	Mathematische Modellierung Praxis Mathematical modelling practical	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Serge Kräutle
5	Contents	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden: • bearbeiten Modellierungsprojekte im Team; • modellieren Alltagsprobleme, lösen sie mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch; • prägen Problemlösungskompetenz aus; • erwerben Schlüsselkompetenzen: prägen durch die Projektarbeit Teammanagement aus, sind durch Berichterstattung in den Projekten zu Vortragspräsentation und wissenschaftlichem Schreiben befähigt.
7	Prerequisites	empfohlen: • Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Theorie • Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semesterigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar paper and presentation
11	Grading procedure	Seminar paper and presentation (pass/fail)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011 • F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011 • G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley 1986

1	Module name 65311	Algebra	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	Contents	• Gruppentheorie: Untergruppen, Quotienten, Operationen von Gruppen, endlich erzeugte abelsche Gruppen • Ringtheorie: Ideale, Quotienten, Polynomringe, maximale Ideale, • Irreduzibilität • Elementare Zahlentheorie: Restklassenringe, Eulersche phi-Funktion, Chinesischer Restsatz, quadratisches Reziprozitätsgesetz Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • nennen und erklären algebraische Strukturen anhand von Gruppen, Ringen und Körpern und verwenden diese; • behandeln auch komplexe Symmetrien mittels Gruppentheorie selbständig; • lösen geometrische und zahlentheoretische Probleme mittels Ringtheorie und Zahlentheorie; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	Prerequisites	empfohlen: Module Lineare Algebra I und II
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination with task Dauer Klausur: 120 min Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Grading procedure	Written examination with task (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 105 h Independent study: 195 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• M. Artin: Algebra • Fischer: Algebra • N. Jacobson: Basic Algebra I, II + Skript

1	Module name 65351	Funktionentheorie I Complex analysis I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Funktionentheorie (2 SWS) Übung: Übungen zur Funktionentheorie I (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Lea Boßmann	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	Contents	Grundlagen zu folgenden Themen: • Holomorphe Abbildungen • Cauchy-Riemann'sche Differentialgleichungen • Wegintegrale und der Cauchy'sche Integralsatz • Satz von Liouville • Laurent-Reihen • Residuenkalkül Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären die Grundprinzipien der Funktionentheorie und wenden diese an; • erkennen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen reell und komplex differenzierbaren Funktionen und erklären diese; • wenden komplex-analytische Methoden zur Lösung von Problemen der reellen Analysis selbständig an.
7	Prerequisites	empfohlen: Analysis I und II
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination with task Dauer Klausur: 90 min Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Grading procedure	Written examination with task (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Freitag, Busam: Funktionentheorie I • Remmert: Funktionentheorie

1	Module name 65580	Elementare Zahlentheorie Elementary number theory	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Yasmine Sanderson	
5	Contents	• Anwendung der vollständigen Induktion • Division mit Rest • Untergruppen von $\mathbb{Z}$ • ggT und kgV • euklidischer Algorithmus • Teilbarkeitslehre • Begriff der Primzahl und Fundamentalsatz der Arithmetik, Primzahlen und Primzahlprobleme, • Diophantik mit Anwendungen • Prime Restklassengruppe • Dezimalbruch-Entwicklung • Algebraische und transzendente Zahlen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • nennen und erklären grundlegende Begriffe der elementaren Zahlentheorie; • lösen klassische mathematische Probleme.	
7	Prerequisites	empfohlen: • Elemente der Linearen Algebra I und II sowie Elementeder Analysis I und II	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	Method of examination	Written examination Tutorial achievement	
11	Grading procedure	Written examination (100%) Tutorial achievement (pass/fail)	
12	Module frequency	Only in winter semester	
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	Module duration	1 semester	
15	Teaching and examination language	german	
16	Bibliography	Vorlesungsskript zu diesem Modul	

1	Module name 65601	Angewandte Mathematik Applied mathematics	10 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination Achievement credit
11	Grading procedure	Written examination (100%) Achievement credit (pass/fail)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 65917	Discrete optimization I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	Theoretical and practical fundamentals of solving difficult mixed-integer linear optimization problems (MIPs) constitute the main focus of this lecture. At first, the concept of NP-completeness and a selection of common NP-complete problems will be presented. As for polyhedral theory, fundamentals concerning the structure of faces of convex polyhedra will be covered. Building upon these fundamentals, cutting plane algorithms as well as branch-and-cut algorithms for solving MIPs will be taught. Finally, some typical problems of discrete optimization, e.g., the knapsack problem, the traveling salesman problem or the set packing problem will be discussed.
6	Learning objectives and skills	Students • will gain basic theoretical knowledge of solving mixed-integer linear optimization problems (MIPs), • are able to solve MIPs with the help of state-of-the-art optimization software.
7	Prerequisites	Recommended: Linear and Combinatorial Optimization
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 65918	Robust optimization II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 2 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 2 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Hartisch	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	In practice, provided data for mathematical optimization problems is often not fully known. Robust optimization aims at finding the best solution which is feasible for input data varying within certain tolerances. The lecture covers advanced methods of robust optimization in theory and modeling. In particular, robust network flows, robust integer optimization and robust approximation are included. Further, state-of-the-art concepts, e.g., "light robustness" or "adjustable robustness" will be discussed by means of real-world applications.
6	Learning objectives and skills	Students - will be able to identify complex optimization problems under uncertainties as well as suitably model and analyze the corresponding robust optimization problem with the help of advanced techniques of robust optimization, - learn the handling of appropriate solving techniques and how to analyze the corresponding results.
7	Prerequisites	Recommended: Robust Optimization I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Lecture notes, will be published on StudOn at the beginning of the semester.

1	Module name 65923	Optimization in industry and economy	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	This course focuses on modeling and solving real-world optimization problems occurring in industry and economics. Advantages and disadvantages of different modeling techniques will be outlined. In order to achieve efficient solution approaches, different reformulations and their numerical results will be discussed. Students will learn how to present optimization results properly as well as how to interpret and evaluate these results for practical applications. The latter may include but is not limited to the optimization of transport networks (gas, water, energy), air traffic management and mathematical modeling/optimization of market mechanisms in the energy sector.
6	Learning objectives and skills	Students • model complex real-world optimization problems with respect to efficient • solvability, • classify the models and use appropriate solution strategies, • evaluate the achieved computational results.
7	Prerequisites	Recommended: Modul LKOpt: Linear and combinatorial optimization
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Lecture notes (will be published on StudOn at the beginning of the semester)

		• Up-to-date research literature (will be published on StudOn at the beginning of the semester)

1	Module name 65933	Discrete optimization II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Discrete Optimization II (2 SWS) Übung: Übung Diskrete Optimierung II (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Timm Oertel	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Timm Oertel
5	Contents	In this lecture, we cover theoretical aspects and solution strategies for difficult integer and mixed-integer optimization problems. First, we show the equivalence between separation and optimization. Then, we present solution strategies for large-scale optimization problems, e.g., decomposition methods and approximation algorithms. Finally, we deal with conditions for the existence of integer polyhedra. We also discuss applications for example from the fields of engineering, finance, energy or public transport.
6	Learning objectives and skills	Students • use basic terms of discrete optimization • model real-world discrete optimization problems, determine their complexity and solve them with appropriate mathematical methods.
7	Prerequisites	Recommended: Knowledge in linear and combinatorial optimization, discrete optimization I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Lecture notes • Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005 • Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014 • Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994 • Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A-C, Springer 2003 • Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986 • Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021

1	Module name 65980	Kryptographie II Cryptography II	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Kryptographie II (6 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	Contents	Die Vorlesung wird mit wechselnden Schwerpunkten angeboten, wobei jeweils ein spezielles zahlentheoretisches Gebiet (wie elliptische Kurven, quadratische Zahlkörper, Gitter) die Grundlage für kryptographische Anwendungen bildet. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären fortgeschrittene kryptographische Verfahren und ihre mathematischen Hintergründe • setzen geeignete Software zum praktischen Umgang mit den besprochenen Kryptosystemen ein
7	Prerequisites	empfohlen: • Kryptographie I • Algebra
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Vorlesungsskript zum Modul

1	Module name 407487	Numerical Aspects of Linear and Integer Programming Numerical aspects of linear and integer programming	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	• Revidiertes Simplexverfahren (mit Schranken) • Phase I des Verfahrens • Duales Simplexverfahren • LP Presolve/Postsolve • Skalierung • MIP Solution Techniques Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. In den Übungen werden die Studierenden von einem Übungsgruppenleiter betreut.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erklären und verwenden im Rahmen der Vorlesung Methoden und numerische Verfahren, die zur Lösung von Linearen und Gemischt-ganzzahligen Programmen in der Praxis Anwendung finden.
7	Prerequisites	empfohlen: Lineare Algebra, Lineare und Kombinatorische Optimierung
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 36 h Independent study: 114 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• V. Chvátal: Linear Programming, W. H. Freeman and Company, New York, 1983 • L.A. Wolsey: Integer Programming, John Wiley and Sons, Inc., 1998

1	Module name 47617	Rehabilitation and Assistive Robotics Rehabilitation and assistive robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Rehabilitation and Assistive Robotics, Theory (2 SWS) Übung: Rehabilitation and Assistive Robotics, Exercises (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Claudio Castellini Dr. rer. nat. Sabine Thürauf	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Claudio Castellini
5	Contents	• Introduction to Rehabilitation and Assistive Robotics: motivation, taxonomy, historical background • Prosthetics: upper- and lower limb prosthetics; clinical, mechatronics and societal challenges; machine learning and intent detection applied to prosthetics; signals and sensors. • Exoskeletons and exo-suits: realms of application, mechatronic and ergonomic challenges; intent detection and feedback; clinical acceptance, feasibility and effectiveness.
6	Learning objectives and skills	Students who have followed the module • have a broad understanding of Rehabilitation and Assistive Robotics, the motivations, problems and challenges • can conceive and design a research project in the related subfield of the subject • have knowledge about the clinical and industrial situation in RAR • can tackle previously unknown problems
7	Prerequisites	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning; mid-level programming (Python, C# or similar); fundamentals of experimental psychology
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (60 minutes) Written examination (60 min)
11	Grading procedure	Variable (100%) Written examination (100 %)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

16	Bibliography	• [2002] Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal, M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario. • [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović. • [2012] Control of Upper Limb Prostheses: Terminology and Proportional Myoelectric ControlA Review, A. Fougner, Ø. Staudahl, P. J. Kyberd, Y. G. Losier and P. A. Parker. • [2015] Michael R Tucker et al., Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review, JNER 12:1 • [2018] JA Spanias, AM Simon, SB Finucane, EJ Perreault and LJ Hargrove, Online adaptive neural control of a robotic lower limb prosthesis, J Neural Eng. 15(1) • [2020] Jacob Rosen and Peter Walker Ferguson (eds.), Wearable Robotics - Systems and Applications, Academic Press Elsevier • [2021] Michele Xiloyannis, Ryan Alicea, Anna-Maria Georgarakis, Florian L. Haufe, Peter Wolf, Lorenzo Masia and Robert Riener, Soft robotic suits: State of the art, core technologies and open challenges, IEEE Transactions on Robotics

1	Module name 47674	Movement Neuroscience: Connections between Brain and Muscles in Humans Movement Neuroscience: Connections between brain and muscles in humans	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio
5	Contents	Module: Principles of Neural control of movement and neuroengineering How the central nervous system controls muscle forces; Neurons, upper and lower motoneurons, Cortical and brainstem function, Interneurons and Motor Units. Neuroengineering applications for studying the neural control of movement; invasive and non-invasive recordings, electrical stimulation of the nervous system. Module: Electrophysiology Generation of an action potential, difference between intracellular and extracellular action potential, sparsity of the action potential in a matrix of electrodes. Module: Generation of EMG signals and analysis Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG and EEG recordings. Module: Oscillations in neuronal networks Coherence analysis; Common synaptic input to populations of neurons; Noise in the nervous system; Associations between EEG and EMG signals; Startle responses Module: Simulation of muscle forces from the firing of individual motoneurons Motor unit model, HodgkinHuxley model, Muscle Properties Module: EMG signals in Neural Pathologies Parkinsons and Spinal Cord Injury, Motor unit analysis in neurodegenerative and neurotraumatic diseases. Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.
6	Learning objectives and skills	Students understand motor function at the brain and muscle level. The students describe how these systems are organized and what information can be extracted from the brain and muscles with the use of EMG signals. Moreover, students explore the acquisition, analysis, and interpretation of electrophysiological data with a specific focus on human recordings in health and pathological conditions (e.g., spinal cord injury, stroke, and Parkinsons disease).
7	Prerequisites	No compulsory prerequisites. Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (60 minutes) Online exam (60 min.)
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	- Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426 -Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD -Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087 -Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina -Ibanez et al. 2021 J Neurosci https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2908-20.2021

1	Module name 95811	Medizintechnik II (Bildgebende Verfahren) Medical engineering II (imaging techniques)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Medizintechnik II Rechnerübung (2 SWS) Vorlesung: Medizintechnik II (4 SWS) Übung: Medizintechnik II Tafelübung (2 SWS) No. The module is offered in a hybrid format. About 26 students can attend the lecture in the course room, the rest of the participants can attend online (more information in StudOn).	- 3,75 ECTS 1,25 ECTS
3	Lecturers	Annika Hofmann Prof. Dr. Bernhard Kainz Prof. Dr. Florian Knoll Erik Götsche Mischa Dombrowski	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Kainz Prof. Dr. Florian Knoll
5	Contents	The MT II module is aimed at students of the medical engineering degree programme and is one of the basic lectures there in the field of informatics. Methods and devices that process and display the anatomy and function of the body for diagnosis and therapy are explained. Emphasis is placed on understanding and applying basic algorithms of medical image processing, such as segmentation, filtering and image reconstruction. Modalities presented include X-ray systems, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), optical coherence tomography (OCT) and ultrasound (US).
6	Learning objectives and skills	The students will • recognise and reproduce essential methods and modalities of medical imaging • understand and explain basic physical principles of medical imaging • independently apply acquired knowledge of methods to interdisciplinary problems in medicine and engineering sciences • implement algorithms of medical imaging in the programming language Java • apply the contents of the lecture in independent but supervised project work to a concrete medical problem • acquire interface competence between engineering sciences and medicine • learn to present subject-related content clearly and in a manner appropriate to the target group
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Written Project work: Implementation on the computer and written report (generally about 7 pages)
11	Grading procedure	Written (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Arnulf Oppelt: Imaging Systems for Medical Diagnostics, Publicis Kommunikations AG, Erlangen, 2005

1	Module name 655844	Kolloquium im Bereich Mustererkennung Colloquium: Pattern recognition	5 ECTS
2	Courses / lectures	Kolloquium: Kolloquium Inverse Problems and Applications (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Learning Approaches for Medical Big Data Analysis (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Hybride Bildgebung (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Image Analysis (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Image Fusion (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Animal Speech (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Computer Vision (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Magnetic Resonance Imaging (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Human Speech (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Precision Learning (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Computational Neuroscience (2 SWS)	- - - - - 2,5 ECTS - - 2,5 ECTS - -
3	Lecturers	Fabian Wagner Mareike Thies Dalia Rodriguez Salas Daniel Stromer Prof. Dr. Torsten Kuwert Yan Xia Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Prof. Dr.-Ing. Katharina Breininger Alexander Barnhill Christian Bergler Dr.-Ing. Vincent Christlein Prof. Dr. Frederik Bernd Laun PD Dr. Daniel Giese Prof. Dr. Florian Knoll Dr. Jannis Hanspach Prof. Dr. med. Valentin Riedl Sebastian Bickelhaupt Prof. Dr. Armin Michael Nagel Prof. Dr.-Ing. Jana Hutter Paula Andrea Pérez Toro Yixing Huang Dr. Achim Schilling PD Dr. habil. Patrick Krauß	
4	Module coordinator	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner	

5	Contents	Die Studierenden wählen ein Seminarthema aus dem Forschungsgebiet des jeweiligen Kolloquiums und werden so an die aktuelle Forschung auf diesem Gebiet herangeführt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erlernen die Literaturrecherche. • arbeiten sich selbstständig anhand der gefundenen Literatur in das Spezialgebiet des jeweiligen Kolloquiums ein. • wählen einen Schwerpunkt und bereiten diesen im Rahmen einer Präsentation so auf, dass er für andere Teilnehmer des Seminars, insbesondere andere Studierende, verständlich ist. • lernen die Anforderungen an einen wissenschaftlichen Vortrag auf einer internationalen Konferenz kennen. • halten einen Vortrag in der international üblichen Fachsprache Englisch.
7	Prerequisites	Die Teilnahme an unseren Kolloquien eignet sich insbesondere für Studierende in der Vertiefungsrichtung Mustererkennung, die bereits eine Vorlesung oder ihre Bachelor-/Masterarbeit in dem entsprechenden Themengebiet des Kolloquiums gemacht haben und Interesse an den aktuellen Forschungsthemen des jeweiligen Spezialgebiets haben.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 93101	AI in medical robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	This module is concerned with artificial intelligence technologies in medical robotics and with methods that establish different forms of intelligence in medical robotic systems. Participants will become familiar with the design and application of AI methods and algorithms for perception, motor control, planning, cognition and learning and with their application in biorobotic systems and robotic solutions for diagnosis and treatment. Application domains include minimally invasive surgery, motor rehabilitation, exoskeletons and assistive devices, as well as medical service robotics. The taught methods will be applied to application data during designated computer exercises that are integrated into the course. Topics include, but are not limited to: • Basic principles and classification of artificial intelligence • Overview of AI methods and technologies in medical imaging • Implications of surgical workflow planning using AI methods • Motion planning in robotic surgery, rehabilitation robots and medical service robots • Perception in robotic surgery, rehabilitation robots and assistive robots • Motion planning in robotic surgery, rehabilitation robots and assistive robots • Adaptation and Learning in Human-Robot Interaction • Design criteria and regulations for AI-based medical systems
6	Learning objectives and skills	• Students are able to employ artificial intelligence technologies and methods for applications in medical robotics. • They are capable of understanding and handling the complexity of biorobotic AI systems and have command of a versatile set of methods for analyzing and further advancing such systems. • They are able to combine different tools and methods to achieve intelligent perception, planning, control, learning and cognition in robotic solutions for minimally invasive surgery, motor rehabilitation robotics, and medical service robotics.
7	Prerequisites	Participants should be familiar with fundamentals of linear algebra. It is advantageous but not required to have some prior knowledge on robotics, basic methodologies of AI, and basic probability theory.
8	Integration in curriculum	semester: 1

9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination Written examination (60 min)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Written examination (100 %)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 47599	Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Hannah Braun Silvana Miranda Montenegro Prof. Dr. Claudio Castellini	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Claudio Castellini
5	Contents	In this module, students will analyse, present and discuss issues and topics concerning the usage of biological signals in rehabilitation and assistive robotics, including the correct placement and use of the associated sensors, the techniques to condition the signals, sensor fusion, feature extraction and the usage of machine learning applied to such kind of signals. Besides reflecting on contemporary literature, the students are asked to draw own conclusions and suggest directions for future research.
6	Learning objectives and skills	On successful completion of the module, students will be familiar with sensors and signals used in rehabilitation and assistive robotics, both theoretically and practically. They will also be able to deduce potential new research lines from recent developments. In addition, students will learn and apply the fundamentals of scientific methods such as the organisation of scientific literature, correct citation, and the use of digital aids.
7	Prerequisites	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement In this module, students carry out their own research on a chosen topic in the context of the overall seminar topic. Students are required to write a report in the style of a scientific review article and hold a presentation. The length of the report and the sources included naturally depend on the topic. In general, however, a length of 8-10 pages and 15 scientific sources can be seen as a general guideline. The presentation should last 15-20 minutes, with a further 10 minutes reserved for questions to the student. In addition, students can take part in a "speed journal club" at the beginning of the seminar, in which each student presents a paper related to their research. Participation in the "Speed Journal Club" is voluntary and ungraded.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) The grade for the seminar is composed of the grade for the report and the grade for the presentation. The grade for the report is weighted at 60% and the grade for the presentation at 40%.

12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	• [2002] Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal, M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario. • [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović. • [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener

1	Module name 44157	Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology Interfacing the neuromuscular system: Applications for Human/machine interfaces and neurophysiology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio Charlotte Rohleder	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio
5	Contents	Module: Principles of Neural control of movement and neuroengineering How the central nervous system controls muscle forces; Neurons, upper and lower motoneurons, Cortical and brainstem function, Interneurons and Motor Units. Neuroengineering applications for studying the neural control of movement; invasive and non-invasive recordings, electrical stimulation of the nervous system. Module: Electrophysiology Generation of an action potential; HodgkinHuxley model, difference between intracellular and extracellular action potential, sparsity of the action potential in a matrix of electrodes. Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG and EEG recordings. Module: Applications to Human/Machine Interfaces Biosignal processing; data with high temporal resolution, identification of individual neurons, associations between neuronal discharge times and behaviour; control of prosthetic devices from EMG signals in amputees and neurodegenerative and neurotraumatic diseases. Module: Applications to Neurophysiology Neuronal encoding of behaviour; motor unit physiology in humans; motoneuron properties, longitudinal assessment of neuronal function. Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.
6	Learning objectives and skills	The students will acquire in-depth skills in the acquisition, analysis, and interpretation of electrophysiological data with a specific focus on human recordings in health and pathological conditions (e.g., spinal cord injury, stroke, and Parkinsons disease). The goal of this course is to teach the current methods in man/machine interfaces and neurophysiological applications. The course will provide information on the neural circuitries that determine coordinated movement. The specific focus is on the motor system that regulates skilled motor behaviour. We will study the physiological pathways of the motor system and the effect of neurodegenerative diseases that affect this system. Ultimately, this course will give students a robust overview of how to use electrophysiology in order to assist individuals with neural impairments.
7	Prerequisites	No compulsory prerequisites.

		Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination Written examination (60 min.)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	• Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD • Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087 • Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina • Neural Engineering, Edited by Bin He • Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426 • Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller https://www.nature.com/articles/nrn3724

1	Module name 44159	Surgical Technologies Innovation	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	The module involves theoretical and practical course work. Interactive lectures will provide introduction to medical technologies, surgical robotics and machine learning for surgical applications. In addition, through lectures, experts from several surgical disciplines (e.g. Neurosurgery, Abdominal surgery, Urology, Orthopedic surgery) will introduce their surgical fields and point out current challenges in their respective fields. During hospitalations at the operation room, students gain understanding about surgeries and are to identify problems and worksteps that may be solved and/or supported by novel medical technologies. In exercise teams, the students will research and develop technologies to support surgeons in the respective surgical discipline and evaluate them in the lab. If successful, students are encouraged to submit and present their work at a medical technologies conference.
6	Learning objectives and skills	Students • are able to identify challenges in surgical procedures through observation and interviews • are able to solve a practical problem from the field of medical technology independently. • are able to specify and implement hardware and software required to solve a given problem. • apply basic knowledge to a problem and develop solution strategies. • are able to solve a problem alone or as part of a team. • have knowledge of the phases of a project, time, and resource management. • are confident in the use of software development tools, source code management, and documentation. • are able to convey complex technical content in a scientific report and presentation.
7	Prerequisites	• ◦ AI in Medical Engineering, ◦ Robotics in Surgery and Diagnostics, ◦ Empirical Research Methods in Medical Engineering • ◦ AI, ◦ robotics ◦ surgical application will be an advantage. • A high degree of motivation and independency is expected.

		The number of accepted students is limited.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Written report and presentation; attendance at exercises is mandatory
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	

1	Module name 47678	Algorithmische Bioinformatik Algorithmic Bioinformatics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. David Blumenthal
5	Contents	With the growing amount of readily available molecular profiling data, algorithms for analyzing these data are getting more and more important. This lecture provides a close-up view on a selection of these algorithms and introduces the biomedical problems which are addressed by them. In particular, the lecture will cover the following topics: • A very brief introduction to molecular biology. • Algorithms for global and local sequence alignment. • Algorithms for de novo sequence assembly. • Algorithms for secondary RNA structure prediction. • Algorithms for exploratory omics data analysis. • Algorithms for network alignment. • Algorithms for disease mechanism mining in biological networks.
6	Learning objectives and skills	Students will • be able to explain the basics of molecular biology, • be able to explain fundamental algorithms used in the field, • be able to use paradigms of algorithm design such as dynamic programming, local search, and ant colony optimization in concrete application scenarios, • be able to reimplement the covered algorithms, • be able to provide detailed, technical explanations of the covered algorithms.
7	Prerequisites	Since the lecture will be accompanied by programming exercises in Python, prior knowledge of this programming language is recommended. For students without prior experience, a very brief introduction to Python will be provided in the first two exercise sessions.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Oral exam 30 min.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Pointers to relevant papers will be provided throughout the lecture and be made available on StudOn. As optional accompanying literature, the following textbooks are recommended: • Phillip Compeau & Pavel Pevzner: Bioinformatics Algorithms: An Active Learning Approach, Active Learning Publishers, 2018. • Patrick Siarry (Ed.): Metaheuristics, Springer International Publishing, 2016.

1	Module name 44200	Computational Neurotechnology / Numerische Neurotechnologie Computational neurotechnology / Numerical neurotechnology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Computational Neurotechnology	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tobias Reichenbach
5	Contents	Foundations of Computational Neuroscience and the processing of neural signals. Applications in the areas of artificial neural networks, Brain-Machine-Interfaces (BCIs) and neural prosthesis.
6	Learning objectives and skills	• Can understand the principles of the analysis of neural signals • Can apply information theory for the description of neural activity • Can perform simulations of the dynamics of single neurons as well as of neural networks • Can evaluate different approaches to construct Brain-Machine-Interfaces (BCIs) • Can explain concepts for the design of neural prosthesis
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination Written exam (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Dayan, Peter, and Laurence F. Abbott. Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems. Computational Neuroscience Series, 2001. Gerstner, Wulfram, et al. Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition. Cambridge University Press, 2014. Oweiss, Karim G., ed. Statistical signal processing for neuroscience and neurotechnology. Academic Press, 2010. Maurits, Natasha. From neurology to methodology and back: an introduction to clinical neuroengineering. Springer Science & Business Media, 2011.

	Clément, Claude. Brain-Computer Interface Technologies. Springer International Publishing, 2019. DiLorenzo, Daniel J., and Joseph D. Bronzino, eds. Neuroengineering. CRC Press, 2007.

1	Module name 93109	Computational Magnetic Resonance Imaging Computational magnetic resonance imaging	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Florian Knoll
5	Contents	Computational Magnetic Resonance Imaging provides a deeper look into computational and machine learning methods for the inverse problem of MRI data acquisition and image reconstruction. It is organized as a series of lectures with accompanying programming exercises. In the exercises, students will use Matlab or Python and PyTorch to implement and test the different methods discussed in class. Topics covered will include but are not limited to: • Recap of MR signal and encoding, Fourier imaging • Introduction to the inverse problem of imaging • Partial Fourier imaging • Parallel imaging • Compressed sensing • Machine Learning in MRI
6	Learning objectives and skills	After completing this course, students will be able to: • Understand the theory and algorithms of MR data acquisition and image reconstruction • Apply them themselves in real-world MR imaging tasks
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Variable Participants have to solve weekly graded exercises. The final exam is a 60-minutes written exam.
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Variable (100%) The grade is determined by the final exam. The grade can be improved by up to 0.7 with bonus points that are awarded for successful completion of the exercises.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Z.P. Liang. Constrained Reconstruction Methods in MR Imaging. http://mri.beckman.illinois.edu/resources/liang_1992_constrained_imaging_review.pdf D. Nishimura. Principles of Magnetic Resonance Imaging. https://www.lulu.com/en/us/shop/dwight-nishimura/principles-of-magnetic-resonance-imaging/paperback/product-1nqdq4j2.html?page=1&pageSize=4 M. Bernstein. Handbook of MRI Pulse Sequences. https://www.amazon.com/Handbook-Pulse-Sequences-Matt-Bernstein/dp/0120928612

1	Module name 47623	Human-Robot Co-Adaptation Human-robot co-adaptation	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	• Introduction to user studies: designing them; carrying them out; statistical tools to evaluate them • human-robot interaction, with specific focus upon rehabilitation and assistive robotics (prosthetics, exoskeletons, walking aids); • intent detection, somatosensory feedback and sensory substitution; • measurement of relevant changes in the user's behaviour and signals and in the robotic artefact; • co-adaptation and the related clinical perspective.
6	Learning objectives and skills	Students who have followed the course • have a broad understanding of the concept of co-adaptation • can conceive and design an intent-detection + feedback system which will potentially induce co-adaptation • can then analyse the data, both offline and online • can tackle previously unknown problems
7	Prerequisites	Recommended: • basic maths, especially statistics • fundamentals of signal processing and machine learning • mid-level programming (Python, C# or similar) • fundamentals of experimental psychology.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (120 minutes) Written exam, 120 min.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener • [2016] Incremental Learning of Muscle Synergies: From Calibration to Interaction, C. Castellini.

		• [2016] New developments in prosthetic arm systems, I. Vujaklija, D. Farina and O.C. Aszmann. • [2017] Hahne, J. M., Markovic, M., & Farina, D. (2017). User adaptation in Myoelectric Man-Machine Interfaces. Scientific Reports, 7. • [2021] Farina, D., et al. (2021). Toward higher-performance bionic limbs for wider clinical use. Nature biomedical engineering.

1	Module name 47616	Intent Detection and Feedback Intent detection and feedback	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Intent Detection and Feedback, Theory - THIS COURSE IS ONLY ONLINE in Summer Semester 2025! Please follow the links on Studon. (2 SWS) Übung: Intent Detection and Feedback, Exercises - THIS COURSE IS ONLY ONLINE in Summer Semester 2025! Please follow the links on Studon. (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. rer. nat. Sabine Thürauf Prof. Dr. Claudio Castellini	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Claudio Castellini
5	Contents	• Introduction to the problems of intent detection and somatosensory feedback: motivation, taxonomy, historical background. • Intent detection: theory and philosophical issues; defining the problem and the ground truth; success metrics; signals for intent detection; sensors for intent detection; feature extraction; applications of machine learning to the problem. • Somatosensory feedback: theory and physiology; sensory substitution; embodiment and agency induced by it; modalities of actuation; practical issues and metrics of performance. • Intent detection and somatosensory feedback in prosthetics: usefulness, success and challenges. • Intent detection and somatosensory feedback in rehabilitation and exoskeletons: usefulness, success and challenges. • Intent detection and somatosensory feedback in gaming and non-reha fields.
6	Learning objectives and skills	Students who have followed the module • have a broad understanding of intent detection and somatosensory feedback, especially in the frame of Rehabilitation and Assistive Robotics • can conceive and design a research project in the related subfield of the subject • have knowledge about the clinical and industrial situation of intent detection and feedback, especially including the problems and challenges of each technique and method • can tackle previously unknown problems
7	Prerequisites	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning; mid-level programming Python, C# or similar; fundamentals of experimental psychology
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable (60 minutes) Written examination (60 min)

11	Grading procedure	Variable (100%) Written examination (100 %)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović. • [2012] Control of Upper Limb Prostheses: Terminology and Proportional Myoelectric Control A Review, A. Fougner, Ø. Stavdahl, P. J. Kyberd, Y. G. Losier and P. A. Parker. • [2015] Michael R Tucker et al., Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review, JNER 12:1 • [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener • [2016] Incremental Learning of Muscle Synergies: From Calibration to Interaction, C. Castellini. • [2018] JA Spanias, AM Simon, SB Finucane, EJ Perreault and LJ Hargrove, Online adaptive neural control of a robotic lower limb prosthesis, J Neural Eng. 15(1) • [2020] Jacob Rosen and Peter Walker Ferguson (eds.), Wearable Robotics Systems and Applications, Academic Press Elsevier • [2021] Michele Xiloyannis, Ryan Alicea, Anna-Maria Georgarakis, Florian L. Haufe, Peter Wolf, Lorenzo Masia and Robert Riener, Soft robotic suits: State of the art, core technologies and open challenges, IEEE Transactions on Robotics

1	Module name 75290	Einführung in die Philosophie Introduction to philosophy	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Gerhard Ernst
5	Contents	• Vermittlung von Arbeitstechniken wie Bibliographieren, Exzerpieren, Texte verfassen • Einweisung in die Benutzung der örtlichen Bibliotheken • Vermittlung eines ersten Überblicks in die verschiedenen Teilbereiche der Philosophie • Einführung in den Umgang und das Analysieren philosophischer Texte
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben die Fähigkeit, die Arbeitsmittel und -techniken selbständig zu gebrauchen, die für ihr Philosophiestudium unerlässlich sind • erwerben grundlegende Kenntnisse der philosophischen Begrifflichkeit • lernen Texte auf ihre argumentative Struktur hin zu durchschauen und zu analysieren • gewinnen einen ersten Überblick über die verschiedenen Teilbereich der Philosophie
7	Prerequisites	Keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Philosophie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral Mündliche Prüfung ca. 15 Min.
11	Grading procedure	Oral (pass/fail)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Literaturhinweise erhalten Sie in der Lehrveranstaltung

1	Module name 75310	Grundkurs Praktische Philosophie Basic course: Practical philosophy	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Erasmus Mayr
5	Contents	• Vermittlung fundierter Grundlagen der Ethik • Systematische Diskussion von Termini wie Moral und Ethik, Autonomie, Glück, freier Wille, Gerechtigkeit • Vermittlung der Kenntnis verschiedener in der Geschichte der Philosophie vertretener Ansä
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erlangen fundierte Kenntnisse über die Grundlagen und Grundprobleme der Ethik • erwerben Grundkenntnisse über die philosophiegeschichtliche Entwicklung der Ethik • werden in den systematischen Umgang und die Analyse mit zentralen historischen und zeitgenössischen Texten der Ethik eingeführt
7	Prerequisites	Keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Philosophie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Kurze mündliche Präsentation und Essay (ca. 5 Min. und 5 Seiten) sowie Übungsaufgaben (4-6 Übungsblätter mit Multiple-Choice Fragen).
11	Grading procedure	Written or oral (pass/fail)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Literaturhinweise werden in der Lehrveranstaltung gegeben

1	Module name 75330	Basismodul Philosophie Basic module: Philosophy	10 ECTS
2	Courses / lectures	Proseminar / Mittelseminar: Platon: Menon (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie Nelson Goodmans (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Wissenschaftsphilosophie (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Angewandte Ethik (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Kant, Grundlegung zur Metaphysik der Sitten (3 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Mill, Utilitarianism (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie des Pragmatismus - J. Dewey, W. James u.a. (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Ethics and Ethical Theory in an Indian Context (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Logik für Fortgeschrittene (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Übung zu "Gleichheit und Gleichverteilung" (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Gleichheit und Gleichverteilung (2 SWS) Seminar: Was ist eine wissenschaftliche Tatsache? Über Fakten Seminar: 'Erkenntnis durch Widerspruch' - Über Dissens und Konsens in den Wissenschaften (2 SWS) Seminar: 'Wissen in Gemeinschaft' - Eine Einführung in die Soziale Erkenntnistheorie Seminar: Was ist keine wissenschaftliche Tatsache? Über Wissenschaftsleugnung	- - - - - - - - - - - - - 5 ECTS 5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Gerhard Ernst Dr. Hannes Worthmann Dr. Michael Jungert Dr. Norbert Walz Prof. Dr. Nico Scarano Dr. Stefan Brandt Dr. Thomas Grethlein Prof. Ratugamage Asha Nimali Fernando apl. Prof. Dr. Peter Bernhard Konstantin Weber Dr. Sebastian Schuol Dr. Jon Leefmann	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Gerhard Ernst
5	Contents	• Erwerb fundierten Grundlagenwissens eines Teilbereiches der theoretischen oder praktischen Philosophie • Weiterführende systematische Auseinandersetzung mit den für das Teilgebiet zentralen Begriffen • Genaue Diskussion verschiedener in der G
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • machen sich durch die Diskussion der Grundlagen und Grundfragen des jeweiligen Teilbereichs eingehend mit diesem vertraut • erwerben grundlegende Kenntnisse über die Entwicklung des betreffenden Teilgebiets in der Geschichte der Philosophie • erwerben die Fähigkeit komplexe philosophische Inhalte im Seminar zu präsentieren • lernen Hausarbeiten zu schreiben • erwerben im Rahmen des Textseminars die Fähigkeit zentrale Werke der Philosophiegeschichte systematisch zu interpretieren.
7	Prerequisites	Vorherige Absolvierung der Propädeutiken und eines der Grundkurse wird empfohlen
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Philosophie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation/written assignment Präsentation (ca. 20 min) mit Hausarbeit (ca. 12 Seiten) oder Präsentation mit 3 Essays (je ca. 4 Seiten). Die konkrete Prüfungsform wird abhängig vom didaktischen Konzept der konkreten Lehrveranstaltung von der bzw. dem Lehrenden festgelegt und ist abhängig von der Wahl der konkreten Lehrveranstaltung durch die Studierende bzw. den Studierenden.
11	Grading procedure	Presentation/written assignment (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Literaturhinweise werden in den Lehrveranstaltungen gegeben

1	Module name 78386	Einführungsmodul Introductory module	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Psychologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination
11	Grading procedure	Written examination (pass/fail)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 78388	Grundlagenmodul Introductory module	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Vorlesung Differentielle und Persönlichkeitspsychologie: Teil 2 (2 SWS)	3 ECTS
		Vorlesung: Vorlesung Differentielle und Persönlichkeitspsychologie: Teil 1 (2 SWS)	3 ECTS
		Proseminar: Proseminar Allgemeine Psychologie II (2 SWS)	3 ECTS
		Proseminar: Proseminar Biologische Psychologie (2 SWS)	-
		Vorlesung: Vorlesung Entwicklungspsychologie, Teil 2, Frau Prof. Dr. Tina Kretschmer (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Proseminar: Proseminar Allgemeine Psychologie I: Kognition (2 SWS)	-
		Prof. Dr. Frieder Lang Prof. Dr. Oliver Schultheiss Prof. Dr. Nicolas Rohleder Prof. Dr. Tina Kretschmer Prof. Dr. Tim Rohe	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Psychologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)

14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Brandstätter, V., Schüler, J., Puca, R. M., & Lozo, L. (2013). Motivation und Emotion. Berlin: Springer.(Teil I: Motivation) Schultheiss, O. C., & Wirth, M. M. (in press). Biopsychological aspects of motivation. In J. Heckhausen (Ed.), Motivation and action (3 ed.). New York: Cambridge University Press.

1	Module name 78389	Anwendungsmodul Applied module	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Vorlesung Pädagogische Psychologie, Frau Prof. Dr. Tina Kretschmer Proseminar: PS Klinische Psychologie I: Psychische Störungen 2 (2 SWS) Vorlesung: Vorlesung Arbeitspsychologie (2 SWS)	- 3 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Tina Kretschmer Prof. Dr. Cornelia Weise Prof. Dr. Cornelia Niessen	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Psychologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral Oral
11	Grading procedure	Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Oral (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 76003	Modernes Chinesisch 1 Modern Chinese 1	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	Contents	Einführung in die chinesische Sprache und Schrift, wobei ein besonderer Akzent auf den aktiven Schrifterwerb von Langzeichen gelegt wird, ohne die mündliche Kommunikation und die grundlegende Grammatik zu vernachlässigen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden... • ...beherrschen die Pinyin-Umschrift, • ...sind zur einfachen Kommunikation befähigt, • ...erwerben 300 Schriftzeichen und die in diesen 300 Schriftzeichen enthaltenen Radikale, • ...haben Sicherheit in den grundlegenden grammatischen Kenntnissen wie Ja-Nein-Fragen, W-Fragen, Possessivpronomen, Satzstellung, Attributpartikel „de“, Zahlen und Uhrzeiten, Verneinung, Modalverben etc.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes) Oral (10 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (70%) Oral (30%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	chinese german
16	Bibliography	Das Material zum Kurs wird in der ersten Stunde vom jeweiligen Dozenten festgesetzt.

1	Module name 76012	Modernes Chinesisch 2 Module 2: Modern Chinese 2	10 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: BA-2 Modernes Chinesisch 2 (8 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Jingjing Zhang Yang Cui Dehong Meng	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	Contents	Der aktive Schriftzeichenerwerb steht weiterhin im Zentrum, wobei mit fortschreitenden Lektionen mehr Themen und damit eine erweiterte Möglichkeit zur mündlichen Kommunikation angeboten werden sowie grammatische Kenntnisse mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad zu bewältigen sind.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden... • ... erwerben aktiv weitere 300 Schriftzeichen (1. und 2. Semester bis zu 600 Schriftzeichen) und damit Vertrautheit mit den Strukturen der Schriftzeichen, wodurch ein schnelles Erkennen bei der Textlektüre gefördert wird, • ... entwickeln eine grundlegende Lesefähigkeit, • ... sind sicher im Umgang mit aufbauenden grammatischen Kenntnissen wie Positionswörtern, Verlauf einer Handlung, Vollendung eines Geschehens, präpositionale Konstruktion etc., • ... besitzen die Kommunikationsfähigkeit zu erweiterten Themen. • ...erwerben ein Verständnis für die Unterschiede und Gemeinsamkeiten in Sprache und Alltagsleben zwischen der Volksrepublik China und Taiwan.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (10 minutes) Written examination (120 minutes) Klausur (120 Min.) und mündliche Prüfung (10 Min.)
11	Grading procedure	Oral (30%) Written examination (70%) • Abschlussklausur: 70% • Mündliche Prüfung: 30%
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 112 h Independent study: 188 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	chinese german or english

16	Bibliography	Das Material zum Kurs wird in der ersten Stunde vom jeweiligen Dozenten festgesetzt.

1	Module name 76052	Modernes Chinesisch 3 Module 5: Modern Chinese 3	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	Contents	Es findet gezielter Sprachunterricht für Lesen, Schreiben, Hören und Verstehen statt. Der Unterricht ist auf eine Erweiterung des Wortschatzes und der grammatischen Kenntnisse ausgelegt. Die Förderung der Lesefertigkeit steht im Vordergrund. Die grundlegenden Lesetechniken wie intensives, kursorisches und selektives Lesen werden vermittelt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden... • ... erweitern ihren aktiven und passiven Wortschatz, • ... werden sicherer im Umgang mit komplexen grammatischen Phänomenen wie Konjunktionen, Passiv, „ba“-Konstruktion, Ergebnis-Komplimenten etc., • ... bauen sukzessive Fertigkeiten beim Sprechen und Hören auf, • ... übersetzen präzise progressionsadäquate Texte, • ... verstehen kursorisch komplexe Texte.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (15 minutes) Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Oral (30%) Written examination (70%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	chinese german
16	Bibliography	Das Material zum Kurs wird in der ersten Stunde vom jeweiligen Dozenten festgesetzt.

1	Module name 76073	Modernes Chinesisch 4 Modern Chinese 4	5 ECTS
2	Courses / lectures	Kurs: BA-4 Modernes Chinesisch 4 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Jingjing Zhang Yang Cui	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	Contents	Im Gegensatz zum bisherigen stark progressiv gestalteten Unterricht stehen Texte mit ausgewählten Themen im Vordergrund, um Hörverstehen, Lesen, Übersetzen, Diskutieren und Schreiben zu üben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden... • ... erwerben fortgeschrittene Lesefähigkeiten, • ... bündeln die vier Fertigkeiten Lesen, Schreiben, Hören und Sprechen, die bisher vorwiegend getrennt trainiert wurden. • ...machen sich weiter mit Themen des sozialen Lebens vertraut und lernen Bräuche und Traditionen sowie wichtige Werke aus Literatur und Kunst kennen. • ...lernen die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen dem chinesischen und dem deutschen Schreibstil erleben. • ...erweitern ihre Kompetenzen im Erkennen und Überwinden von eigenen und fremden sprachlichen Barrieren in der Kommunikation. • ...üben, in realen Kommunikationssituationen die grundlegenden Höflichkeitsregeln der chinesischen Kommunikation einzuhalten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes) Klausur (120 Min.)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 58 h Independent study: 92 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	chinese german or english
16	Bibliography	Das Material zum Kurs wird in der ersten Stunde vom jeweiligen Dozenten festgesetzt.

1	Module name 93086	Neural Graphics and Inverse Rendering Neural graphics and inverse rendering	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Neural Graphics and Inverse Rendering (2 SWS) Übung: Tutorials to Neural Graphics and Inverse Rendering (1 SWS)	2,5 ECTS 1,25 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Marc Stamminger Prof. Dr. Tim Weyrich Laura Fink	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	In this lecture we look into two modern streams in computer graphics that advanced the field enormously in the last years: the application of deep neural networks for computer graphics tasks, and inverse rendering approaches to understand image content. More precisely, we will look into the following topics: • ◦ Basics of deep neural networks for image synthesis ◦ Neural denoising ◦ Neural deferred shading, neural radiance fields, neural point-based graphics • ◦ Relighting ◦ Environment Reconstruction ◦ Material Reconstruction • ◦ Differentiable Rasterization ◦ Differentiable Ray Tracing ◦ Differentiable Volume Rendering • ◦ Facial and Body Rendering ◦ Inverse Rendering of Faces and Bodies
6	Learning objectives and skills	• Understand differentiable rendering algorithms • Create programs that are differentiated automatically • Evaluate approaches for novel view synthesis • Understand neural rendering approaches • Understand light interaction with surfaces • Understand both explicit and neural surface reflectance models • Apply radiometric principles to analyse surface reflectance of real-world material samples • Evaluate the suitability of explicit vs neural reflectance models using real-world data • Understand the concept of Analysis-by-Synthesis • Identify similarities between older and more modern techniques

		• Apply 3D reconstruction methods on a face dataset and evaluate the result • Understand the specific challenges of modelling faces and bodies
7	Prerequisites	We assume that you have successfully participated in the module "Computer Graphics".
8	Integration in curriculum	semester: 4
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes) Tutorial achievement Oral exam in presence (30 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%) Tutorial achievement (pass/fail) The final grade of the module is determined by the exam. The practical assignments award an ungraded certificate if 50% of the points are achieved.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Visualization Analysis and Design, Tamara Munzner, 2014.

1	Module name 93175	Visualization	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	An old English adage says "a picture is worth a 1,000 words", meaning that complex ideas are often easier to convey visually. This lecture is about the craft of creating informative images from data. Starting from the basics of the human visual perception, we will learn how visualizations are designed for explorative, communicative or confirmative purposes. We will see how data can be classified, allowing us to develop algorithms that apply to a wide range of application domains. The lecture covers the following topics: • data abstraction (data types, data set types, attribute types), • perception and mapping (marks and channels, effectiveness, pre- attentive vision, color maps), • task abstraction and validation (actions and targets), • information visualization tools (HTML, CSS, JavaScript, React, D3), • information visualization methods (tabular data, networks, trees), • scientific visualization methods (volume rendering and particle visualization), • scientific visualization tools (VTK, ParaView), • view manipulation (navigation, selection, multiple views), • data reduction (filtering, aggregation, focus and context), • lies in visualization (human biases and rules of thumb), • applications (deep learning, medical visualization, optimization) The lecture is accompanied by exercises. Theoretical exercises concentrate on the classification of data and the design and analysis of visualizations, while programming exercises using web-based technologies give examples of their implementation.
6	Learning objectives and skills	Students learn to: • use perceptual basics to select appropriate visualization methods • explain the steps of the visualization pipeline • calculate direct and indirect volume visualizations to given data • explain and apply interaction concepts • perform a data and requirement analysis for a given problem • explain visualization techniques for scientific and abstract data
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 4

9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable The module is concluded with a written exam (90 minutes).
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Visualization Analysis and Design, Tamara Munzner, 2014.

1	Module name 43722	Scientific Visualization Scientific visualization	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorials to Scientific Visualization (2 SWS) Vorlesung: Scientific Visualization (2 SWS)	0 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther Xingze Tian	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	The amount of data, generated in the pursuit of scientific discovery, keeps rapidly increasing across all major scientific disciplines. How can we make sense of large, time-dependent, high-dimensional and multi-variate data? This lecture provides an introduction into scientific visualization. Throughout the course, we cover the fundamental perception basics needed to convey information accurately. After categorizing different data types based on their dimensionality, we dive deeper into specific techniques for scalar, vector and tensor valued data. The lecture covers the following topics: • visualization design basics (data abstraction, visual encoding of information), • a review of scalar and vector calculus (differential properties, extremal and critical points), • data structures and data acquisition techniques (grids, interpolation, and differentiation), • indirect volume visualization (marching cubes and contour trees), • direct volume visualization (ray marching and Monte Carlo rendering), • elementary and line-based flow visualization (numerical integration, seeding, rendering), • surface-based flow visualization (integration, selection, rendering), • topology-based flow visualization (topological skeleton, bifurcations, feature flow fields), • feature-based flow visualization (vortices, material boundaries, Lagrangian coherent structures), • advanced methods (tensor visualization, uncertainty, ensembles)
6	Learning objectives and skills	Students are able to: • use perception basics to select appropriate visualization methods • classify data and select appropriate visualization techniques • calculate differential properties of scalar and vector fields • identify features in scalar and vector-valued data • implement numerical extraction algorithms • learn the advantages and disadvantages of common visualization techniques

7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Electronic exam in presence with multiple choice questions (90 minutes)
11	Grading procedure	Variable (100%) The final grade of the module is determined by the exam. Exercise bonus: Obtaining more than 80% of the points across all theoretical exercises awards an exam bonus of a third grade.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 796399	Geometric Modeling Geometric modeling	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Roberto Grosso Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	Das Modul beschäftigt sich mit Methoden zur Modellierung dreidimensionaler Oberflächen. Typische Einsatzgebiete sind der rechnerunterstützte Entwurf (CAD, z.B. im Automobil- oder Flugzeugbau), die Rekonstruktion von Flächen aus Sensordaten oder die Konstruktion glatter Interpolationsflächen. Behandelt werden u.a. folgende Themen: • Polynomkurven • Bezierkurven, rationale Bezierkurven • B-Splines • Tensorproduktflächen • Bezier-Dreiecksflächen • polygonale Flächen • Subdivision-Verfahren This module is concerned with different aspects of modelling three-dimensional curves and surfaces. Typical areas of application are computer-aided design (CAD), reconstruction of surfaces from sensor data (reverse engineering) and construction of smooth interpolants. The lecture covers the following topics: • polynomial curves • Bézier curves, rational Bézier curves • B-splines • tensor product surfaces • triangular Bézier surfaces • polyhedral surfaces
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären die Begriffe Polynomkurve, Bezierkurven und B-Splines • klassifizieren und veranschaulichen die unterschiedlichen Auswertungs- und Subdivision-Verfahren für Bezier-Kurven und B-Splines • veranschaulichen und ermitteln die Eigenschaften von Bezierkurven, rationalen Bezierkurven und B-Splines • beschreiben Tensorproduktflächen und skizzieren Auswertungsalgorithmen • erklären polygonale Flächen und Subdivision-Verfahren und veranschaulichen ihre Unterschiede und Eigenschaften • lernen gängige Datenstrukturen zur Darstellung polygonaler Flächen kennen

		• wenden die Verfahren der Geometrischen Modellierung an unterschiedliche Beispiele an • berechnen Bezierkurven und B-Splines und analysieren ihre Eigenschaften • führen Subdivision-Verfahren für Kurven und Flächen aus und analysieren ihre Eigenschaften • analysieren und evaluieren Stetigkeitseigenschaften von Bezierkurven und B-Splines • analysieren und evaluieren Stetigkeitseigenschaften von Subdivision-Surface • implementieren alle Verfahren für Kurven und Flächen in JavaScript Educational objectives and skills: The students • explain the terms polynomial curve, Bezier curves and B-splines • classify and illustrate the different evaluation and subdivision methods for Bezier curves and B-splines • illustrate and determine the properties of Bezier curves, rational Bezier curves and B-splines • describe tensor product surfaces and outline evaluation algorithms • explain polygonal surfaces and subdivision methods and illustrate their differences and properties • learn about common data structures for representing polygonal surfaces • apply geometric modeling methods to different examples • calculate Bezier curves and B-splines and analyze their properties • carry out subdivision methods for curves and surfaces and analyze their properties • analyze and evaluate continuity properties of Bezier and B-spline curves • analyze and evaluate continuity properties of subdivision surfaces • implement all methods for curves and surfaces in JavaScript
7	Prerequisites	Voraussetzungen (empfohlen, aber nicht erforderlich) • Computergrafik • Vektorrechnung, lineare Algebra • Programmierkenntnisse sind erforderlich. Für die Programmieraufgabe und die Abschlussprüfung sind Kenntnisse in JavaScript erforderlich. Prerequisites (Recommended but not) • computer graphics • vector calculus, linear algebra

		• Programming skills are required. The programming assignment and the final examination require some knowledge of JavaScript.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Electronic examination with multiple choice Die Klausur ist eine elektronische Präsenzprüfung. Die Klausur kann einen Multiple-Choice-Teil enthalten. Um die Klausur zu bestehen, müssen zusätzlich folgende Punkte beachtet werden: • Die elektronische Klausur besteht aus Theorie-, Praxis- und Programmieraufgaben. • Außerdem müssen 50% der möglichen Gesamtpunktzahl erreicht werden. • Die Klausuren sind so formuliert, dass es sehr schwierig ist, sie nur mit Theoriekenntnissen und praktischen Aufgaben zu bestehen. Die Lösung von Programmieraufgaben ist ein wesentlicher Bestandteil der in diesem Modul vermittelten Kompetenzen.
11	Grading procedure	Electronic examination with multiple choice (100%) Die Note des Moduls ergibt sich aus der Note der elektronischen Prüfung (100 %).
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Hoschek, Lasser: Grundlagen der Geometrischen Datenverarbeitung • Farin: Kurven und Flächen im Computer Aided Geometric Design • de Boor: A Practical Guide to Splines • Bartels, Beatty, Barsky: Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling • Abramowski, Müller: Geometrisches Modellieren

1	Module name 43392	Geometry Processing Geometry processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Dr. Roberto Grosso
5	Contents	In diesem Modul werden einige Aspekte der diskreten Geometrieverarbeitung vorgestellt. Schwerpunkte sind dabei Erzeugung, Manipulation und Analyse von Dreiecksnetzen sowie die Flächenrekonstruktion aus 3D Scanner Daten. Folgende Themen werden in dem Modul behandelt: • Delaunay-Triangulierung und Voronoi-Diagramme • 3D Scanning, Registrierung von 3D Scans • Vereinfachung und Reduktion von Dreiecksnetzen • Flächenrekonstruktion aus Punktwolken • Segmentierung von Dreiecksnetzen • Flächenparametrisierung • Animation / Deformation von Dreiecksnetzen Module content: • Delaunay triangulation and Voronoi diagrams • 3D scanning and registration of 3D scans • Mesh reduction and simplification • Surface mesh reconstruction • Mesh segmentation • Mesh parametrization • Animation and deformation of triangle meshes
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden: • verfügen über tieferes Verständnis der grundlegenden Algorithmen der diskreten Geometrieverarbeitung • sind mit Datenstrukturen und Softwaremethoden für die Rekonstruktion, Analyse und Verarbeitung diskreter 3D-Modelle vertraut • sind fähig, neue Algorithmen für die Rekonstruktion und Manipulation von Dreiecksnetzen zu entwickeln und in einem Computerprogramm unter Zuhilfenahme von modernen Softwarebibliotheken zu implementieren • sind in der Lage, selbstständig neue anwendungsnahe Probleme aus dem industriellen Umfeld zu analysieren, Zusammenhänge zu erkennen und neue Lösungswege vorzuschlagen Students • have a deep understanding of fundamental algorithms for the discrete geometry processing • are familiar with data structures and algorithms for the reconstruction, analysis and processing of 3D discrete models

		• can develop and implement new algorithms for the reconstruction and manipulation of triangle meshes, and have the understanding how to use standard libraries • can carry out research and development on typical problems from industrial applications on their own
7	Prerequisites	Voraussetzung für die Teilnahme sind gute Kenntnisse in der Computer Grafik und der geometrischen Modellierung.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• Polygon Mesh Processing. Mario Botsch, Leif Kobbelt, Mark Pauly, Pierre Alliez and Bruno Levy, AK Peters 2010 • Vorlesungsunterlagen

1	Module name 43385	Physically-based Simulation in Computer Graphics Physically-based simulation in computer graphics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorials to Physically-based Simulation in Computer Graphics (0 SWS) Vorlesung: Physically-based Simulation in Computer Graphics (0 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	Over the past decades, computer graphics became a vital component of the entertainment industry. Whether in regards to video games, animation movies, or visual effects in live action productions, computer animation brings virtual worlds to life. Thereby, physically-based simulations are required to reach the necessary degree of realism. Based on differential equations and numerical methods to solve them, this lecture will cover a series of algorithms used to implement physically-based simulations. Among others, we are concerned with: • kinematics and dynamics of motion (generalized coordinates), • numerical time integration techniques (explicit and implicit time integration), • rigid bodies (simulation, collision detection and response), • deformable objects (mass-spring-systems, finite-elements and thin shells), • grid-based fluid simulation (fractional step method), • particle-based fluid simulation (smoothed particle hydrodynamics and viscosity), • hybrid fluid simulation (fluid implicit particle FLIP, liquid-air interfaces), • adding detail to smoke, fire (vorticity confinement, wavelet turbulence), • shallow water waves and oceans This practical course consists of lectures, programming exercises, and a group programming project.
6	Learning objectives and skills	Students learn how to: • apply numerical time integration methods at practical examples • derive and analyze the properties of equations of motion • set appropriate boundary conditions • compare numerical solvers regarding stability, accuracy and performance • describe different techniques for rigid body, deformable, and fluid simulations • implement the algorithms in C++
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 5
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Tutorial achievement Variable
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 43371	Interactive Computer Graphics Interactive computer graphics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Interactive Computer Graphics (2 SWS) Übung: Tutorials to Interactive Computer Graphics (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Marc Stamminger Laura Fink	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	In dem Modul werden GPUs und dafür maßgeschneiderte Algorithmen behandelt: • Architektur von GPUs und Echtzeit-Rendering-Pipeline • Deferred Shading und Anti-Aliasing-Verfahren • Simulation von Umgebungsbeleuchtung • Verfahren zur Generierung von Schatten • Level-of-Detail-Verfahren zur Darstellung komplexer Szenen • Animation von Objekten
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen Lernende können verschiedene in der Vorlesung behandelte Verfahren der interaktiven Computergraphik mit eigenen Worten erklären. Anwenden Lernende können Zusammenhänge zwischen den in der Vorlesung behandelten Verfahren der interaktiven Computergraphik erkennen, und Ideen auf neue Anwendungen übertragen. Analysieren Lernende können Unterschiede und Ähnlichkeiten der in der Vorlesung behandelten Verfahren erkennen und daraus neue Lösungen entwickeln.
7	Prerequisites	Die Übungen setzen Kenntnisse in C/C++ voraus.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Tutorial achievement
11	Grading procedure	Variable (100%) Tutorial achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• Möller, Haines: "Real-Time Rendering"

1	Module name 43374	Computer Graphics Deluxe	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik: • Graphik Pipeline • Clipping • 3D Transformationen • Hierarchische Display Strukturen • Perspektive und Projektionen • Visibilitätsbetrachtungen • Rastergraphik und Scankonvertierung • Farbmodelle • Lokale und globale Beleuchtungsmodelle • Schattierungsverfahren • Ray Tracing und Radiosity • Schatten und Texturen Contents: This lecture covers the following aspects of Computer Graphics: • graphics pipeline • clipping • 3D transformations • hierarchical display structures • perspective transformations and projections • visibility determination • raster graphics and scan conversion • color models • local and global illumination models • shading models • ray tracing and radiosity • shadows and textures
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die unterschiedlichen Schritte der Graphik Pipeline wieder • erklären die Funktionsweise der Clippingalgorithmen für Linien und Polygone • beschreiben, charakterisieren und berechnen affine und perspektivische Transformationen in 3D und veranschaulichen die allgemeine Form der Transformationsmatrix in homogener Koordinaten • skizzieren die Verfahren zur Tiefe- und Visibilitätsberechnung • vergleichen die unterschiedlichen Farbmodelle der Computergraphik

		• illustrieren und untersuchen die Datenstrukturen zur Beschreibung virtueller 3D Modelle und komplexer Szenen • erläutern die Funktionsweise der Rasterisierung und Scankonvertierung in der Graphikpipeline • implementieren 3D Transformationen mithilfe der Programmiersprache C++ und der graphischen Bibliothek OpenGL • Implementieren Beleuchtungsmodelle und Texturierung von virtuellen 3D Objekten mithilfe der Programmiersprachen OpenGL und GLSL • lösen Aufgaben zu Beleuchtung und Texturierung von 3D virtuellen Modellen • klassifizieren Schattierungsverfahren • bestimmen den Unterschied zwischen lokaler und globaler Beleuchtung und formulieren Algorithmen für Ray Tracing und Radiosity *Educational objectives and skills:* Students should be able to • describe the processing steps in the graphics pipeline • explain clipping algorithms for lines and polygons • explain, characterize and compute affine and perspective transformations in 2D and 3D, and provide an intuitive description of the general form of corresponding transformation matrices in homogeneous coordinates • depict techniques to compute depth, occlusion and visibility • compare the different color models • describe data structures to represent 3D virtual models and complex scenes • explain the algorithms for rasterization and scan conversion • solve problems with shading and texturing of 3D virtual models • classify different shadowing techniques • explain the difference between local and global illumination techniques and formulate algorithms for ray tracing and radiosity
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211 Sowohl die Computer Graphics Basic Tutorials als auch die Computer Graphics Advanced Tutorials bestehen aus 10 wöchentlichen Aufgabenblättern mit kleinen Programmieraufgaben.
10	Method of examination	Tutorial achievement Tutorial achievement Written examination (60 minutes) Zum Bestehen des Moduls müssen 50% der Punkte in den Übungen erreicht und die Prüfung bestanden werden. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der mündlichen Prüfung.

11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• P. Shirley: Fundamentals of Computer Graphics. AK Peters Ltd., 2002 • Hearn, M. P. Baker: Computer Graphics with OpenGL. Pearson • Foley, van Dam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice • Rauber: Algorithmen der Computergraphik • Bungartz, Griebel, Zenger: Einführung in die Computergraphik • Encarnaç�o, Strasser, Klein: Computer Graphics

1	Module name 43375	Global Illumination Global illumination	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Global Illumination (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Marc Stamminger	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	Globale Beleuchtungsberechnung ist ein Kerngebiet der Computergrafik. Ziel ist die Simulation globaler Beleuchtungseffekte wie Schatten, Spiegelungen, indirektes Licht, Kaustiken etc. In der Vorlesung wird in die theoretischen Grundlagen der globalen Beleuchtungsrechnung eingeführt und es werden Raytracing-basierte Lösungsverfahren erläutert. Themen der Vorlesung sind: • Rekonstruktion und Sampling • BRDFs • Importance Sampling • Umgebungsbeleuchtung • Rendering Gleichung • Path Tracing • Irradiance Caching • Photon Mapping • ...
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen Lernende haben ein Verständnis von Verfahren der globalen Beleuchtungsrechnung, unter anderem Monte-Carlo-Ray-Tracing, bidirectional Path-Tracing, Photon Mapping, Light Cuts, können diese in eigenen Worten wiedergeben und Beispiele anführen. Lernende können Importance Sampling für verschiedene Teilaspekte der globalen Beleuchtungsrechnung illustrieren und vergleichen und den Zusammenhang mit Multiple Importance Sampling erklären. Anwenden Lernende können verschiedene Samplingverfahren erklären für verschiedene hochdimensionale Integrationsprobleme der globalen Beleuchtungsrechnung anwenden. Analysieren Lernende können Zusammenhänge und Unterschiede von Verfahren zur globalen Beleuchtungsrechnung erkennen und Folgerungen ableiten.
7	Prerequisites	Die Übungen setzen Kenntnisse in C/C++ voraus.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Variable
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Variable (100%)

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Pharr et al.: Physically Based Rendering

1	Module name 43822	Computer Graphics Computer graphics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik: • Graphik Pipeline • Clipping • 3D Transformationen • Hierarchische Display Strukturen • Perspektive und Projektionen • Visibilitätsbetrachtungen • Rastergraphik und Scankonvertierung • Farbmodelle • Lokale und globale Beleuchtungsmodelle • Schattierungsverfahren • Ray Tracing und Radiosity • Schatten und Texturen Contents: This lecture covers the following aspects of Computer Graphics: • graphics pipeline • clipping • 3D transformations • hierarchical display structures • perspective transformations and projections • visibility determination • raster graphics and scan conversion • color models • local and global illumination models • shading models • ray tracing and radiosity • shadows and textures
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die unterschiedlichen Schritte der Graphik Pipeline wieder • erklären die Funktionsweise der Clippingalgorithmen für Linien und Polygone • beschreiben, charakterisieren und berechnen affine und perspektivische Transformationen in 3D und veranschaulichen die allgemeine Form der Transformationsmatrix in homogener Koordinaten • skizzieren die Verfahren zur Tiefe- und Visibilitätsberechnung • vergleichen die unterschiedlichen Farbmodelle der Computergraphik

		• illustrieren und untersuchen die Datenstrukturen zur Beschreibung virtueller 3D Modelle und komplexer Szenen • erläutern die Funktionsweise der Rasterisierung und Scankonvertierung in der Graphikpipeline • lösen Aufgaben zu Beleuchtung und Texturierung von 3D virtuellen Modellen • klassifizieren Schattierungsverfahren • bestimmen den Unterschied zwischen lokaler und globaler Beleuchtung und formulieren Algorithmen für Ray Tracing und Radiosity *Educational objectives and skills:* Students should be able to • describe the processing steps in the graphics pipeline • explain clipping algorithms for lines and polygons • explain, characterize and compute affine and perspective transformations in 2D and 3D, and provide an intuitive description of the general form of corresponding transformation matrices in homogeneous coordinates • depict techniques to compute depth, occlusion and visibility • compare the different color models • describe data structures to represent 3D virtual models and complex scenes • explain the algorithms for rasterization and scan conversion • solve problems with shading and texturing of 3D virtual models • classify different shadowing techniques • explain the difference between local and global illumination techniques and formulate algorithms for ray tracing and radiosity
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (60 minutes) Die Übungen ("Computer Graphics Basic Tutorials") bestehen aus insgesamt 10 wöchentlichen Aufgabenblättern mit kleinen Programmieraufgaben. The exercises ("Computer Graphics Basic Tutorials") consist of weekly worksheets (10 worksheets in total) with small programming tasks.
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%) Zum Bestehen des Moduls müssen 50% der Punkte in den Übungen erreicht und die Abschlussprüfung bestanden werden. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Prüfung.

		The module is passed when 50% of the points in the exercises are reached and when the final exam is passed. The grade of the module is entirely determined by the grade in the final exam.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• P. Shirley: Fundamentals of Computer Graphics. AK Peters Ltd., 2002 • Hearn, M. P. Baker: Computer Graphics with OpenGL. Pearson • Foley, van Dam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice • Rauber: Algorithmen der Computergraphik • Bungartz, Griebel, Zenger: Einführung in die Computergraphik • Encarnaç�o, Strasser, Klein: Computer Graphics

1	Module name 75612	Basismodul Politische Theorie und Ideengeschichte I Basic module: Political theory and history of ideas I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Einführung in die Politische Theorie und Ideengeschichte – Teil 2 (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Einführung in die Politische Theorie und Ideengeschichte I (WiSe 2025) keine	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner
5	Contents	Das Modul vermittelt Grundwissen über systematische Fragestellungen, zentrale Begriffe, problemorientierte Lösungsansätze und geistesgeschichtliche Kontexte in der politischen Philosophie, der Geschichte der politischen Ideen seit der Antike und in politischen Theorien. Die Studierenden werden angeleitet, sich fundierte Kenntnisse über politiktheoretische Positionen aus verschiedenen historischen Epochen und über systematische Fragestellungen und zentrale Ansätze hauptsächlich aus Quellen zu erarbeiten. Das Modul vermittelt ein kritisches Verständnis der kognitiven Voraussetzungen von Politik und der gemeinsamen theoretischen Grundlagen der Politischen Wissenschaften auch in Verbindung zu weiteren relevanten geistes-, gesellschafts- und kulturwissenschaftlichen Fächern. Behandelt werden unterschiedliche Typen und Materien des politischen Denkens in divergenten historischen, ideologischen, religiösen, kulturellen, ökonomischen, sozialen, wissenschaftlichen und zivilisatorischen Kontexten.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • eignen sich Kenntnisse über Hauptpositionen in der Geschichte der politischen Ideen unter besonderer Berücksichtigung der politischen Philosophie an, • schulen ihre Fähigkeiten hinsichtlich der politiktheoretischen Textanalyse bezüglich unterschiedlicher Materien und der Hermeneutik, • entwickeln ein kritisches Vermögen im Umgang mit den kognitiven Grundlagen der Politik und • entwickeln ein Problembewußtsein hinsichtlich der Struktur und der Konsequenzen von spezifischen Typen politischen Denkens.
7	Prerequisites	Keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B. A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen), Ergänzungsstudien in ausgewählten Disziplinen und Fächern.

10	Method of examination	Written examination (180 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Wahlweise Klausur (180 Min.) oder zwei Teilklausuren (je 90 Min.). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	Grading procedure	Written examination (100%) Written examination (50%) Written examination (50%) Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	Module name 75614	Basismodul Politische Theorie und Ideengeschichte II Basic module: Political theory and history of ideas II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Proseminar: Alles, was recht/s/ ist? Rechtes und extrem rechtes Denken als Forschungsgegenstand der Politischen Theorie und Ideengeschichte Proseminar: Liberty oder Empire? John Stuart Mills politisches Denken Proseminar: Politisches Denken zwischen Umsturzvorstellung und Befreiungsschlag: Theorien der Revolution Proseminar: Wehrhafte Demokratie Ja	- - - -
3	Lecturers	Laila Riedmiller Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner Dr. Rieke Trimcev	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner
5	Contents	Das Modul vermittelt Grundkenntnisse über systematische Fragestellungen, zentrale Begriffe, problemorientierte Lösungsansätze und geistesgeschichtliche Kontexte in der politischen Philosophie, der Geschichte der politischen Ideen seit der Antike und in politischen Theorien. Die Studierenden erarbeiten sich fundierte Grundkenntnisse über politiktheoretische Positionen aus verschiedenen historischen Epochen und über systematische Fragestellungen und zentrale Ansätze aus Quellen. Sie analysieren die theoretischen Voraussetzungen, Strukturen und Konsequenzen politischer und politikwissenschaftlicher Begriffe und Ideen, Handlungsweisen und Ordnungsvorstellungen, Phänomene und Problemlagen. Sie entwickeln in der Seminardiskussion ein kritisches Verständnis der kognitiven Voraussetzungen von Politik und der gemeinsamen theoretischen Grundlagen der Politischen Wissenschaften auch in Verbindung zu weiteren relevanten geistes-, gesellschafts- und kulturwissenschaftlichen Fächern. Behandelt werden unterschiedliche Materien und Typen des politischen Denkens in divergenten historischen, ideologischen, religiösen, kulturellen, ökonomischen, sozialen, wissenschaftlichen und zivilisatorischen Kontexten. Durch Referate, regelmäßige mündliche oder schriftliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten wird der für das jeweilige Proseminar Stoff gemeinsam erarbeitet.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden eignen sich durch ihre Teilnahme an den Seminarsitzungen und durch ergänzendes Quellenstudium Kenntnisse über Hauptpositionen in der Geschichte der politischen Ideen unter besonderer Berücksichtigung der politischen Philosophie an,

		• praktizieren und festigen ihre Fähigkeiten hinsichtlich der Recherche, der politiktheoretischen Dokumenten- und Textanalyse unterschiedlicher Materien und der Hermeneutik, • können die erworbenen Grundkenntnisse und –fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren, • sollen ihre Kenntnisse und Urteile im Seminar fundiert diskursiv begründen und vermitteln, • entwickeln ein politiktheoretisches Problembewußtsein und Fähigkeiten im kritischen Umgang mit den kognitiven Grundlagen der Politik.
7	Prerequisites	Es wird empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B. A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen), Ergänzungsstudien in ausgewählten Disziplinen und Fächern.
10	Method of examination	Presentation and written assignment Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	Grading procedure	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	Module name 75623	Basismodul Politische Systeme I Basic module Political systems I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Politische Systeme II: Einführung in die Vergleichende Politikwissenschaft (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Das politische System der Bundesrepublik (WiSe 2025) keine	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Simon Primus Prof. Dr. Sandra Eckert	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sandra Eckert
5	Contents	Das Modul dient der Vermittlung grundständigen Wissens über (1) das politische System der Bundesrepublik Deutschland (Institutionen, Normengefüge und politische Prozesse), (2) die vergleichende Analyse politischer Systeme (Grundbegriffe der vergleichenden Regierungslehre, typologisierender Strukturvergleich politischer Systeme).
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - können die Bedeutung der Verfassungsorgane und politischen Kräfte innerhalb der einzelnen politischen Systeme selbst sowie der verschiedenen Verfassungsordnungen für den politischen Konfliktaustrag, insbesondere auch im Hinblick auf die demokratischen Mitwirkungsmöglichkeiten der Staatsbürgerinnen und Staatsbürger und damit für die Stabilität von Demokratien, beurteilen; - erwerben die Voraussetzungen für ein vertieftes Fachstudium.
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	Method of examination	Written examination (180 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Wahlweise Klausur (180 Min.) oder zwei Teilklausuren (je 90 Min.). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	Grading procedure	Written examination (100%) Written examination (50%) Written examination (50%) Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60h Independent study: 90h

14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis zum jeweiligen Semester bekannt gegeben.

1	Module name 75624	Basismodul Politische Systeme II Basic module Political systems II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Proseminar: Einführung in die Extremismusforschung Proseminar: Können Städte das Klima retten? Möglichkeiten und Grenzen der kommunalen Klimapolitik in Deutschland Proseminar: Social Policy in Authoritarian Regimes Proseminar: Critical approaches to justice, equality, and diversity Proseminar: Politik & Innovation Proseminar: Diskurs, Macht, Männlichkeit Proseminar: Extremismus in Deutschland Ja	- - - - - - -
3	Lecturers	PD Dr. Thorsten Winkelmann Selim Kücükaya Angelo Panaro Dr. Eline Waerp Taina Garcia Maia Prof. Dr. Diane Robers Dr. phil. Alexander Kruska Dr. Tim Griebel	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sandra Eckert
5	Contents	Das Modul dient der exemplarischen Vertiefung der im Modul Politische Systeme I erworbenen Kenntnisse in Form des Studiums einzelner politischer Systeme, exemplarischer Länderstudien oder Politikfeldanalysen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • sind in der Lage, relevante Fragen der Bedeutung von Verfassungsorganen, politischen Kräften und politischen Systemen zu identifizieren und zu diskutieren; • erarbeiten die für das jeweilige Proseminar grundlegende Argumentationsführung gemeinsam durch Referate, regelmäßige mündliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten; • können die erworbenen Grundkenntnisse und -fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren; • reflektieren und hinterfragen die Beiträge ihrer Kommilitonen, geben ein inhaltliches feedback und trainieren dabei das eigene Argumentationsvermögen.
7	Prerequisites	Es wird dringend empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	Method of examination	Presentation and written assignment Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	Grading procedure	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	Module name 75632	Basismodul Internationale Beziehungen I Basic module: International relations I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Grundlagen der internationalen Politik II: Staatliche Akteure und internationale Organisationen (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Grundlagen der internationalen Politik I: Geschichte und Theorien der Internationalen Beziehungen (WiSe 2025) keine	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Siegfried Schieder Dr. Johannes Jüde	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Stefan Fröhlich
5	Contents	Das Modul dient der Vermittlung grundständigen Wissens über Grundfragen, praktische Relevanz und Begrifflichkeit der Internationalen Beziehungen; dabei werden vor allem folgende für die Teildisziplin relevante Aspekte berücksichtigt: - wissenschaftstheoretische Ansätze und Denkschulen im internationalen System; - staatliche Akteure und ihre Außenpolitiken im internationalen System (u.a. USA, Russland, Großbritannien, Frankreich und die Bundesrepublik; besondere Beachtung findet in diesem Kontext auch die EU als quasi-staatliche Einheit); - internationale Organisationen und NGOs in den Bereichen Sicherheit, Wirtschaft und Finanzen; auch hier findet das Mehrebenensystem der EU als supranationale Organisation besondere Berücksichtigung.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - lernen, die Strukturen und Grunddeterminanten des internationalen Systems zu erfassen; - lernen, diese auf die relevanten Theorien anzuwenden.
7	Prerequisites	Keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (180 minutes) Wahlweise Klausur (180 Minuten) oder zwei Teilklausuren (je 90 Minuten). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	Grading procedure	Written examination (50%) Written examination (50%) Written examination (100%)

		Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	Module name 75634	Basismodul Internationale Beziehungen II Basic module: International relations II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Proseminar: Macht in den internationalen Beziehungen Proseminar: Polarization and Progress: The State of American Democracy Proseminar: Einstellungen zu Migration und zu Menschen mit Einwanderungsgeschichte in Westeuropa Proseminar: Regierungssysteme in Ostasien im Vergleich Proseminar: World Order Ja	- - - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Siegfried Schieder Dr. Kristina Maul Dr. Stephanie Müssig Prof. Dr. Marco Bunte Dr. Bruna Bosi Moreira	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Stefan Fröhlich
5	Contents	Das Modul dient der Vertiefung der im Modul Internationale Beziehungen I erworbenen Kenntnisse in Form des Studiums relevanter Politikfelder, der ihnen zugrundeliegenden Entscheidungsprozesse, sowie exemplarischer Fallstudien. Durch Referate, regelmäßige mündliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten wird die für das jeweilige Proseminar grundlegende Argumentationsführung gemeinsam erarbeitet.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können die Wechselwirkungen zwischen einem politischen System und seinem internationalen Umfeld unter Einbeziehung einer kritischen Reflexion der zugrundeliegenden Annahmen der relevanten Theorien erklären; • lernen, einigermaßen verlässliche Prognosen über künftige Entwicklungen zu formulieren, wie sie für die praktische Politik benötigt werden; • können die erworbenen Grundkenntnisse und -fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren; • lernen, die Präsentationen ihrer Kommilitonen kritisch einzuordnen, die Ergebnisse zu diskutieren und das eigene Argumentationsvermögen zu stärken; • erwerben die Voraussetzungen für ein vertieftes Fachstudium.
7	Prerequisites	Es wird dringend empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	Method of examination	Presentation and written assignment Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	Grading procedure	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	Module name 75642	Basismodul Außereuropäische Regionen I Basic module: Non-European politics I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Einführung in die politikwissenschaftliche Nahostforschung Political Science of the Middle East: An Introduction (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Einführung in die politikwissenschaftliche Asienforschung (WiSe 2025) keine	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Thomas Demmelhuber Prof. Dr. Marco Bunte	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Thomas Demmelhuber
5	Contents	Das Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse über zwei außereuropäische Regionen (Nahe Osten und Südostasien). Politikwissenschaftliche Ansätze, die zur Untersuchung dieser Regionen („Area Studies“) angewendet werden sollen, sind u.a.: - historische Längsschnittanalysen hinsichtlich der Ausformung von regionalen Ordnungen, politischer Kulturen und Herrschaftsformen; - grundständige Konzepte von Staatlichkeit, Legitimität und Herrschaft bis hin zu Transformationstheorien; - regionale Kooperation und Konflikte sowie Einbettung in die internationale Politik (u.a. Regionalisierung, regionale Hegemonen) - Ideologien und politisches Denken (z.B. Nationalismus, Sozialismus, Islamismus, Dschihadismus).
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden entwickeln ein grundständiges Verständnis von politikwissenschaftlichen Fragestellungen und Untersuchungsgegenständen in der Analyse von außereuropäischen Regionen.
7	Prerequisites	Keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written examination (180 minutes) Written examination (90 minutes) Wahlweise Klausur (180 Min.) oder zwei Teilklausuren (je 90 Min.). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	Grading procedure	Written examination (50%) Written examination (100%) Written examination (50%)

		Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	Module duration	2 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis zum jeweiligen Semester bekannt gegeben.

1	Module name 75644	Basismodul Außereuropäische Regionen II Basic module: Non-European politics II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Proseminar: Kinderrechte im Nahen Osten Proseminar: Colonial, Anti-Colonial and Postcolonial Theories Proseminar: Regionalismus in Ost- und Südostasien Ja	- - -
3	Lecturers	Philipp Winkler Prof. Dr. Marco Bunte	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Thomas Demmelhuber
5	Contents	Das Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse über zwei außereuropäische Regionen (z.B. den Nahen Osten, Südostasien, Nord- oder Lateinamerika). Politikwissenschaftliche Ansätze, die zur Untersuchung dieser Regionen angewendet werden sollen, sind: • Transformation politischer Systeme (Kolonisierung und Dekolonisierung, Modernisierungstheorien, Revolutionstheorien, Demokratisierung und andere Formen des Regimewechsels); • historische Analyse langfristiger Auswirkungen geschichtlicher Entwicklungen auf die Ausformung politischer Kulturen; • regionale Kooperation und Konflikte; regionale Formen der Globalisierung; • Ideologiekritik und politisches Denken (z.B. des Nationalismus, Liberalismus, „Fundamentalismus“, Sozialismus). Durch Referate, regelmäßige mündliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten wird die für das jeweilige Proseminar grundlegende Argumentationsführung gemeinsam erarbeitet.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden üben die Anwendung oben genannter Ansätze exemplarisch ein und sind dadurch in der Lage, grundsätzliche Fragestellungen der oben genannten Aspekte zu erkennen und zu analysieren; - können die erworbenen Grundkenntnisse und –fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren.
7	Prerequisites	Es wird dringend empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft
10	Method of examination	Presentation and written assignment Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	Grading procedure	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	Module frequency	Every semester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	Module name 74850	Makroökonomie Macroeconomics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Makroökonomie ERLANGEN (2 SWS)	-
3	Lecturers	Nathalie Gößner Dr. Lisa Rogge	

4	Module coordinator	Dr. Lisa Rogge
5	Contents	I. Grundlagen 1. Fragestellungen der Makroökonomik 2. Grundzüge der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen II. Die lange Frist 3. Entstehung, Verteilung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukts 4. Geld und Inflation 5. Die offene Volkswirtschaft 6. Wirtschaftswachstum III. Die kurze Frist 7. Langfristiges Gleichgewicht versus kurzfristige Schwankungen 8. Gesamtwirtschaftliche Nachfrage 9. Zusammenwirken von gesamtwirtschaftlichem Angebot und Nachfrage IV. Implikationen 10. Von der makroökonomischen Theorie zur Politik Hinweis: Die Vorlesung Makroökonomie wird von der WiSo in Nürnberg importiert, das heißt Erlanger Studierende nehmen an der regulären Makroökonomie- Vorlesung der WiSo teil. Da die Vorlesung aufgezeichnet wird, besteht die Möglichkeit, die Aufzeichnung über StudOn im Anschluss einzusehen. Die Übungen finden in Erlangen statt. Studierende, die den Kurs über die Philosophische Fakultät in Erlangen belegen, verfügen über eigene Kommunikationskanäle durch einen separaten StudOn Kurs.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen, Begrifflichkeit und wirtschaftspolitische Relevanz der Makroökonomie. • verstehen und erklären gesamtwirtschaftliche Prozesse und Phänomene anhand der Arbeitsmaterialien. • können ein einfaches Modell des langfristigen makroökonomischen Gleichgewichts handhaben und darin die Ursachen von Konjunkturschwankungen und die Wirkungsweise von Geld- und Fiskalpolitik abbilden. • beherrschen ein Modell des langfristigen gleichgewichtigen Wirtschaftswachstums und können die wesentlichen Einflussfaktoren des Wachstums identifizieren.

		• können die vorgestellten Theorien kritisch reflektieren. • sind in der Lage, gesamtwirtschaftliche Entwicklungen einzuschätzen, wirtschaftspolitische Maßnahmen kritisch zu hinterfragen und Handlungsempfehlungen abzugeben.
7	Prerequisites	Keine. Es wird aber empfohlen, zuerst die Veranstaltungen „Einführung in die Volkswirtschaftslehre“ zu besuchen.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Ökonomie, Lehramt Gymnasium, Lehramt Realschule, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Mathematik (Nebenfach Volkswirtschaftslehre), B.Sc. Physische Geographie (Nebenfach Ökonomie), B.A. Kulturgeographie (1-Fach) (Nebenfach Ökonomie), B.Sc. Psychologie (Nebenfach Ökonomie/ Wirtschaftswissenschaften), B.A. Soziologie (1-Fach), M.Sc. Psychologie (Nebenfach Ökonomie/ Wirtschaftswissenschaften), M.A. Sinologie (Schwerpunkt Wirtschaftswissenschaften)
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) • Klausur (90 Minuten) • falls erforderlich: Wiederholungsklausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Klausur (100 %)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Die Vorlesung orientiert sich im Wesentlichen an folgendem Lehrbuch: • Mankiw, N. Gregory: Macroeconomics, 9th ed., New York 2016 (Worth Publishers); dt. Übersetzung: Makroökonomik, 7. Aufl., Stuttgart 2017 (Schäffer-Poeschel) • dazu gibt es auch ein Arbeitsbuch Makroökonomik von Klaus Dieter John, 2. Aufl., Stuttgart 2012 (Schäffer-Poeschel) Weitere bewährte Lehrbücher der Makroökonomik sind z.B.: • Blanchard, Olivier: Macroeconomics, 7th ed., Upper Saddle River 2017 (Prentice Hall)

		• Burda, Michael/Wyplosz, Charles: Makroökonomie: Eine europäische Perspektive, 4. Aufl., München 2018 (Vahlen) • Dornbusch, Rüdiger/Fischer, Stanley/Startz, Richard: Macroeconomics, 13th ed., Boston, Mass. u.a. 2017 (McGraw-Hill) • Felderer, Bernhard/Homburg, Stefan: Makroökonomik und neue Makroökonomik, 9. Aufl., Berlin u.a. 2005 (Springer)

1	Module name 74860	Betriebliches Rechnungswesen I Cost accounting I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 74642	Nordische Erstsprache 1 Main Nordic language 1	5 ECTS
2	Courses / lectures		
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Hanna Eglinger-Bartl
5	Contents	Im Basismodul werden folgende Bereiche geübt: Hörverstehen, Leseverstehen, Sprechen, Schreiben, Grammatik und Wortschatz sowie ausgewählte landeskundliche und kulturspezifische Elemente. Am Ende des Kurses wird ein Jugendbuch in Originalsprache gelesen.
6	Learning objectives and skills	- Fachkompetenz: Zielniveau des Kurses nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (CEFR): A1. - Lern- bzw. Methodenkompetenz: Fähigkeit, vertraute, alltägliche Ausdrücke und einfache Sätze zu verstehen und zu verwenden, sich selbst und andere vorzustellen und anderen Leuten Fragen zu ihrer Person zu stellen. Elementare Sprachverwendung. Fähigkeit, klare und einfache mündliche und schriftliche Beschreibungen zu bekannten Themen zu verstehen. - Sozialkompetenz: Diskussionsfähigkeit und interkulturelles Verständnis, Gruppenarbeit. - Selbstkompetenz: Eigenverantwortliches Erarbeiten der Lerninhalte und selbstorganisiertes Vorbereiten auf die Klausur.
7	Prerequisites	Es wird empfohlen, die Module Nordische Erstsprache 1-4 in der angegebenen Reihenfolge zu besuchen, d.h. für die Teilnahme an den folgenden Modulen sollten die vorangegangenen Module erfolgreich abgeschlossen sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Skandinavistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written Written Written examination Klausur (90 Min)
11	Grading procedure	Written (100%) Written (100%) Written examination (100%) Klausur (90 Min): 100%
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Resit examinations	The exams of this moduls can only be resit once.
14	Workload in clock hours	Contact hours: 15 mal 4 SWS = 60 Stunden Independent study: 90 Stunden
15	Module duration	1 Semester semester

16	Teaching and examination language	german
17	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis für das jeweilige Semester bekannt gegeben.

1	Module name 74645	Nordische Erstsprache 2 Main Nordic language 2	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: BM Nordische Erstsprache II: Schwedisch SK II (Wichtig!!! Der Kurs ist 4stündig, bestehend aus zwei Terminen: Di. 16-18 Uhr UND Fr. 12-14 Uhr. Sie müssen also beide Termine besuchen!) (4 SWS, SoSe 2025)	-
3	Lecturers	Karina Brehm	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Hanna Eglinger-Bartl
5	Contents	Im Sprachkurs des Basismoduls Nordische Erstsprache 2 wird das Wissen in folgenden Bereichen erweitert: Hörverstehen, Leseverstehen, Sprechen, Schreiben, Grammatik und Wortschatz sowie ausgewählte landeskundliche und kulturspezifische Elemente. Im Kurs wird Prosa der Gegenwart in Originalsprache gelesen.
6	Learning objectives and skills	- Fachkompetenz: Zielniveau des Kurses nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (CEFR): A2. - Lern- bzw. Methodenkompetenz: Fähigkeit, häufig gebrauchte Ausdrücke und Informationen zur Person, zur Familie, zum Einkaufen, zu Arbeit und Studium zu beschreiben und zu verstehen sowie, sich in einfachen, routinemäßigen Situationen zu verständigen; grundlegende Kenntnisse und elementare Sprachverwendung; Fähigkeit, klare und einfache mündliche und schriftliche Beschreibungen zu bekannten Themen zu verstehen. - Sozialkompetenz: Erweiterte Fähigkeiten in den Bereichen Gruppenarbeit, Diskussionsfähigkeit und interkulturelles Verständnis. - Selbstkompetenz: Eigenverantwortliches Erarbeiten der Lerninhalte und selbstorganisiertes Vorbereiten auf die Klausur.
7	Prerequisites	Es wird empfohlen, die Module Nordische Erstsprache 1-4 in der angegebenen Reihenfolge zu besuchen, d.h. für die Teilnahme an den folgenden Modulen sollten die Module erfolgreich abgeschlossen sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Skandinavistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Klausur (90 Min.)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Written examination (100%) Written examination (100%) Klausur (90 Min.): 100%
12	Module frequency	Only in summer semester

13	Resit examinations	The exams of this moduls can only be resit once.
14	Workload in clock hours	Contact hours: 15 mal 4 SWS = 60 Stunden Independent study: 90 Stunden
15	Module duration	1 Semester semester
16	Teaching and examination language	german
17	Bibliography	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis für das jeweilige Semester bekannt gegeben.

1	Module name 74651	Nordische Erstsprache 3 Main Nordic language 3	5 ECTS
2	Courses / lectures		
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Hanna Eglinger-Bartl
5	Contents	Im Aufbauomodul Nordische Erstsprache 3 wird das Wissen in folgenden Bereichen vertieft: Hörverstehen, Leseverstehen, Sprechen, Schreiben, Grammatik und Wortschatz sowie ausgewählte landeskundliche und kulturspezifische Elemente. Das Hauptaugenmerk des Kurses liegt auf der schriftlichen Produktion (Zusammenfassungen und Rezensionen). Im Kurs wird fiktionale Literatur in Originalsprache gelesen.
6	Learning objectives and skills	- Fachkompetenz: Zielniveau des Kurses nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (CEFR) B1. - Lern- bzw. Methodenkompetenz: Verständnis klarer und einfacher mündlicher und schriftlicher Beschreibungen zu bekannten Themen, etwa vertrauten Dingen aus Arbeit, Schule, Freizeit usw. Fähigkeit, sich einfach und zusammenhängend über vertraute Themen und persönliche Interessengebiete zu äußern, über Erfahrungen und Ereignisse zu berichten und kurze Begründungen oder Erklärungen zu geben. - Sozialkompetenz: Fortgeschrittene Sprachverwendung. Erweiterte Fähigkeiten in Bereichen wie Gruppenarbeit, Diskussionsfähigkeit und interkulturelles Verständnis. - Selbstkompetenz: Eigenverantwortliches Erarbeiten der Lerninhalte und selbstorganisiertes Vorbereiten auf die Klausur.
7	Prerequisites	Es wird empfohlen, die Module Nordische Erstsprache 1-4 in der angegebenen Reihenfolge zu besuchen, d.h. für die Teilnahme an den folgenden Modulen sollten die vorangegangenen Module erfolgreich abgeschlossen sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Skandinavistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Klausur (90 Min.)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Written examination (100%) Written examination (100%) Klausur (90 Min.): 100%
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 15 mal 4 SWS = 60 Stunden

		Independent study: 90 Stunden
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Aktuelle Literatur wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis für das jeweilige Semester bekannt gegeben.

1	Module name 74652	Nordische Erstsprache 4 Main Nordic language 4	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Norwegisch: SK IV / EK IV (4 SWS, SoSe 2025) Übung: Dänisch: Elementarkurs IV / SK IV (4 SWS, SoSe 2025) Übung: AM Nordische Erstsprache IV: Schwedisch SK IV (Wichtig!!! Der Kurs ist 4stündig, bestehend aus zwei Terminen: Mo. 10-12 Uhr UND Mi. 14-16 Uhr. Sie müssen also beide Termine besuchen!) (4 SWS, SoSe 2025)	5 ECTS 5 ECTS -
3	Lecturers	Kristin Krapf Dr. Antje Lenora Charlotte Braun Karina Brehm	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Hanna Eglinger-Bartl
5	Contents	Im Aufbauomodul Nordische Erstsprache 4 wird das Wissen in folgenden Bereichen vertieft: Hörverstehen, Leseverstehen, Sprechen, Schreiben, Grammatik und Wortschatz sowie ausgewählte landeskundliche und kulturspezifische Elemente. Das Hauptaugenmerk des Kurses liegt auf der schriftlichen Produktion (Analyse und Bewerbungsschreiben). Im Kurs wird fiktionale Literatur in Originalsprache gelesen.
6	Learning objectives and skills	- Fachkompetenz: Zielniveau des Kurses nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (CEFR) B2. - Lern- bzw. Methodenkompetenz: Verständnis von Hauptinhalten komplexer Texte zu konkreten und abstrakten Themen und von Fachdiskussionen im eigenen Spezialgebiet. Fähigkeit, sich so spontan und fließend zu verständigen, dass ein normales Gespräch mit Muttersprachlern ohne größere Anstrengung auf beiden Seiten gut zu führen ist. Klare und detaillierte Ausdrucksfähigkeit, Erläuterung eines Standpunkts zu einer aktuellen Frage in einem breiten Themenspektrum und Erörterung von Vor- und Nachteilen verschiedener Möglichkeiten. Fortgeschrittene und selbständige Sprachverwendung. Vertiefte Fähigkeiten in mündlicher und schriftlicher Beschreibung. - Sozialkompetenz: Vertiefte Fähigkeiten in den Bereichen Gruppenarbeit, Diskussionsfähigkeit und interkulturelles Verständnis. - Selbstkompetenz: Eigenverantwortliches Erarbeiten der Lerninhalte und selbstorganisiertes Vorbereiten auf die Klausur.
7	Prerequisites	Es wird empfohlen, die Module Nordische Erstsprache 1-4 in der angegebenen Reihenfolge zu besuchen, d.h. für die Teilnahme an den

		folgenden Modulen sollten die vorangegangenen Module erfolgreich abgeschlossen sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Skandinavistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Klausur (90 Min.)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Written examination (100%) Written examination (100%) Klausur (90 Min.): 100%
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 15 mal 4 SWS = 60 Stunden Independent study: 90 Stunden
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Aktuelle Literatur wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis für das jeweilige Semester bekannt gegeben.

1	Module name 74720	Nordische Kulturgeschichte 1 Nordic cultural history 1	5 ECTS
2	Courses / lectures		
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Hanna Eglinger-Bartl
5	Contents	Das Basismodul Nordische Kulturgeschichte 1 vermittelt einen grundlegenden Überblick über die frühe Geschichte des Nordens von der Wikingerzeit (ab ca. 800 n.Chr.) bis zur Reformationszeit, sowie über die Grundzüge der altnordischen bzw. norrönen Kultur des Mittelalters, die Wikingerzeit und den Übergang von heidnischen Gesellschaftsformen zur Christianisierung im Norden.
6	Learning objectives and skills	• Fachkompetenz: Überblick über geschichtliche Hintergründe und Voraussetzungen für die Entwicklung der skandinavischen Literatur und Kultur, Reproduktion und Erläuterung des erlangten Wissens. • Lern- bzw. Methodenkompetenz: Benennung, Beschreibung und Erörterung historischer Begebenheiten, spezifischer Merkmale und Entwicklungen der skandinavischen Kultur des Mittelalters bis zur Neuzeit. • Sozialkompetenz: Diskussionsfähigkeit, Bearbeitung von Aufgaben in Gruppen; Beiträge im Plenum. • Selbstkompetenz: Fähigkeit, zu vorgegebenen wissenschaftlichen Fragestellungen innerhalb einer begrenzten Zeitvorgabe schriftlich Stellung zu beziehen; Führung einer kohärenten Argumentation, korrekter und konsistenter Gebrauch von Terminologien; Selbstmotivation und Zeitmanagement.
7	Prerequisites	Keine
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Skandinavistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Klausur (90 Min)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Klausur (90 Min): 100%
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 15 mal 2 SWS = 30 Stunden Independent study: 120 Stunden
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Haugen, Odd Einar: AltSkandinavistik. Norwegen und Island, Berlin 2007. • von See, Klaus: Edda – Saga – Skaldendichtung, Heidelberg 1981.

	• Simek, Rudolf u. Hermann Pálsson: Lexikon der altnordischen Literatur, Stuttgart 2007. • de Vries, Jan: Altnordische Literaturgeschichte, 3., unveränderte Auflage in einem Band mit einem Vorwort von Stefanie Würth, Berlin/New York 1999.

1	Module name 44510	High End Simulation in Practice High End Simulation in Practice (HESP)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to High End Simulation in Practice (4 SWS) Vorlesung: High End Simulation in Practice (2 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Sebastian Kuckuk Prof. Dr. Harald Köstler	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Harald Köstler
5	Contents	Algorithmen und Datenstrukturen für parallele Strömungssimulation mittels der Lattice Boltzmann Methode in C++. Kopplung von Strömungssimulation und Starrkörpersimulation. Simulation von Partikeln in Strömung. Grundlagen der GPU Programmierung.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Grundlegende Gesetze, die zur Simulation von physikalischen Effekten notwendig sind, darlegen. Verstehen Physikalische Grundgleichungen beschreiben. Anwenden Lösungsmethoden für physikalische Gleichungen implementieren. Numerische Algorithmen modifizieren um sie effizient zu parallelisieren. Numerische Algorithmen auf GPUs portieren. Analysieren Parallele Implementierungen auf GPU und CPU strukturieren. Evaluieren (Beurteilen) Simulationsergebnisse validieren. Erschaffen Neue Simulationssoftware für GPU und CPU entwickeln.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral (30 minutes)
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 278169	Programming Techniques for Supercomputers (Lecture and Tutorial) Programming techniques for supercomputers (lecture and tutorial)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Programming Techniques for Supercomputers (4 SWS) Übung: Programming Techniques for Supercomputers - Exercises (2 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Gerhard Wellein	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Gerhard Wellein
5	Contents	• Introduction to the architecture of modern supercomputers • Single core architecture and optimisation strategies • Memory hierarchy and data access optimization • Concepts of parallel computers and parallel computing • Efficient "shared memory parallelisation (OpenMP) • Parallelisation approaches for multi-core processors including GPUs • Efficient "distributed memory parallelisation (MPI) • Roofline performance model • Serial and parallel performance modelling • Energy efficient implementation and execution of parallel programs
6	Learning objectives and skills	Students • acquire a comprehensive overview of programming modern supercomputers efficiently for numerical simulations • learn modern optimisation and parallelisation strategies, guided by structured performance modelling • acquire an insight into innovative programming techniques and alternative supercomputer architectures • are able to implement basic numerical methods with high hardware efficiency on parallel computers • are able to program and use modern supercomputer with high (energy) efficiency
7	Prerequisites	Experience in C/C++ or Fortran programming required; basic knowledge of MPI and OpenMP programming
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	G. Hager and G. Wellein: Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers. CRC Computational Science Series, 2010. ISBN 978-1439811924 J. Hennessy and D. Patterson: Computer Architecture. A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, 2003. ISBN 1-55860-724-2

1	Module name 333815	Rechnerarchitektur (Vorlesung mit Übung und Rechnerübung) Computer architecture	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung werden eine Tafel- und eine Rechnerübung angeboten. Die Rechnerübung erfordert 11 erfolgreich abgeschlossene Übungsaufgaben, diese gehen mit 10% in die Modulgesamtnote ein. Die verbleibenden 90% werden durch die mündliche Prüfung bestimmt. Insgesamt werden 7,5 ECTS erworben. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt: • Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren • Behandlung von Hazards in Pipelines • Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage • Fortgeschritten Cachetechniken, Cache-Kohärenz • Ausnutzen von Cacheeffekten • Architekturen von Digitalen Signalprozessoren • Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V) • Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) • Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA) • Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie können konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen

		Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. Anwenden Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterschiede gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design • Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach • Stallings: Computer Organization and Architecture • Martin: Rechnerarchitekturen

1	Module name 465562	Advanced Programming Techniques Advanced programming techniques (lecture and exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Harald Köstler
5	Contents	Der Inhalt der Vorlesung besteht aus zahlreichen fortgeschrittenen C++-Themen, die ausgerichtet sind auf die richtige und effiziente Nutzung von C++ für eine professionelle Softwareentwicklung. The content of the lecture will consist of various topics of advanced C++ programming, aimed at teaching the proper and efficient usage of C++ for professional software development. These are basic language concepts, the newer standards (starting from C++11), object oriented programming in C++, static and dynamic polymorphism, template metaprogramming, and C++ idioms and design patterns. A good preparation for the lecture is the C++ primer book from S. Lippman et al. One should at least have several hundred hours of programming experience in C/C++ or any related object oriented programming language. Knowledge of basic concepts like pointers, references, inheritance and polymorphism is required.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können die grundlegenden Sprachkonstrukte in den verschiedenen C++ Standards wiedergeben. Students know the basic language constructs from different C++ standards. Verstehen Lernende verstehen das C++ Objektmodell und können es mit anderen Programmiersprachen vergleichen. Students understand the C++ object model and are able to compare it to other programming languages. Anwenden Lernenden können Standardalgorithmen in einer objektorientierten Programmiersprache implementieren. Students can implement standard algorithms in an object oriented programming language. Analysieren Lernende können gängige Design Patterns klassifizieren und deren Anwendbarkeit für bestimmte Probleme diskutieren. Students are able to classify common design patterns and to discuss their usability for certain problems. Evaluieren (Beurteilen)

		Lernende können entscheiden, welches Software Design passend für eine bestimmte Aufgabe ist. Sie können auch den Implementierungsaufwand dafür abschätzen. Students can decide, which software design fits for a certain task. They are also able to estimate the programming effort for it. Erschaffen Lernende entwickeln selbständig in einer Gruppe ein größeres Softwarepaket im Bereich Simulation und Optimierung. Students develop together in a group a larger software project in the area of simulation and optimization on their own.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio (60 minutes)
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• S. Lippman: C++ Primer, Addison-Wesley • S. Meyers: Effective C++ Third Edition, Addison-Wesley • H. Sutter: Exceptional C++, Addison-Wesley

1	Module name 981660	Simulation und Wissenschaftliches Rechnen Simulation and scientific computing 1	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Christoph Pflaum Prof. Dr. Ulrich Rde
5	Contents	• Performance Optimierung für numerische Algorithmen • OpenMP Parallelisierung • Finite Differenzen Diskretisierung im Ort • Praktische Abschätzung des Diskretisierungsfehlers und der Konvergenzgeschwindigkeit numerischer Verfahren • Software Entwicklung im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens • MPI Parallelisierung • Finite Differenzen Diskretisierung für zeitabhängige Probleme
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • lernen Techniken zur Optimierung von Algorithmen im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens • lernen selbständig Algorithmen auf Parallelrechnern zu implementieren und zu optimieren • lernen theoretisch die Stabilität von numerischen Algorithmen zu untersuchen
7	Prerequisites	Voraussetzung ist ein Modul im Bereich Numerik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Lehrbuch: G. Hager und G. Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press, 2010. • Lehrbuch: Goedecker und Adolffy Hoisie. Performance Optimization of Numerically Intensive Codes, SIAM, 2001. • Lehrbuch: Gropp, Lusk, Skjellum, Using MPI. The MIT Press, 1999. • Lehrbuch: Alexandrescu, Modern C++ Design, Generic Programming and Design Patterns. Addison-Wesley, 2001.

	• Lehrbuch: Burden, Faires, Numerical Analysis, Brooks, 2001. • Lehrbuch: Chandra et. al., Programming in OpenMP, Academic Press, 2001.

1	Module name 92345	Human-centered mechatronics and robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Human-centered mechatronics and robotics (2 SWS) Übung: Human-centered mechatronics and robotics (UE) (2 SWS) Tutorium: Human-centered mechatronics and robotics (Tut)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Rodrigo Jose Velasco Guillen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	- Human-oriented design methods - Biomechanics Motions, measurement, and analysis Biomechanical models - Elastic actuators - Control methods Cognitive and physical human-robot interaction Empirical research methods - Research process and experiment design - 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.
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: - Tackle the interdisciplinary challenges of human-centered robot design. - Use engineering methods for modeling, design, and control to develop human-centered robots. - Apply methods from psychology (perception, experience), biomechanics (motion and human models), and engineering (design methodology) and interpret their results. - Develop robotic systems that are provide user-oriented interaction characteristics in addition to efficient and reliable operation.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)

12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Ott, C. (2008). Cartesian impedance control of redundant and flexible-joint robots. Springer. • Whittle, M. W. (2014). Gait analysis: an introduction. Butterworth-Heinemann. • Burdet, E., Franklin, D. W., & Milner, T. E. (2013). Human robotics: neuromechanics and motor control. MIT press. • Gravetter, F. J., & Forzano, L. A. B. (2018). Research methods for the behavioral sciences. Cengage Learning. • Further topic-specific text books and selected research articles.

1	Module name 92359	Robot mechanisms and user interfaces	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers. Attendance is not mandatory.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Mehmet Ege Cansev
5	Contents	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 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	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: 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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes) Attendance accounts to 56h and self-study to 94h. It is a written exam that accounts to 100% of the final grade.
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.

		Lenarcic, J., Bajd, T., & Stanisic;, M. M. (2013). Robot mechanisms. Springer. Hatzfeld, C., & Kern, T. A. (2016). Engineering haptic devices. Springer. Selected research articles.

1	Module name 92670	Sensorik Sensor technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	• Einführung in die Sensorik • Wandlerprinzipien • Sensor-Parameter • Sensor-Technologien • Messung mechanischer Größen • Chemo- und Biosensoren
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder • klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte • beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren • kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser • beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen • analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen • zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer

1	Module name 92347	Mechatronic components and systems (MCS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS) Tutorium: Mechatronic components and systems (Tut)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Martin Rohrmüller Yongxu Ren	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	System thinking and integration - Interactions of hardware and software - Engineering design methods Mechanical components - Energy conductors and transformers - Control elements and energy storages Actuators - Electrodynamical and electromagnetic actuators - Fluid actuators and unconventional actuators • Sensors for measuring mechanical quantities • Control and information processing
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: • Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing. • Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren. • Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design. • Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system. • Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)

11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker. • Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer. • Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer

1	Module name 92519	Robotics 1	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Robotics 1 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Andreas Völz	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Völz
5	Contents	This lecture introduces the fundamentals of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: - Modeling: coordinate systems and transformations, parameterization of rotation matrices, forward and inverse kinematics, Jacobians and singularities - Trajectory planning: polynomial and trapezoidal trajectories, trajectories with intermediate points, trajectories in task space - Linear control: actuator dynamics, decentralized motion control, basics of task space and force control
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to - mathematically describe and analyze the kinematics of robotic manipulators. - plan trajectories for robot motions. - design and implement linear methods for robot motion and force control.
7	Prerequisites	- Basis knowledge of advanced mathematics - Basic knowledge of control theory
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005. B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009. J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.

1	Module name 92535	Robotics 2	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Andreas Völz
5	Contents	This lecture introduces advanced methods of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: • Dynamics: Euler-Lagrange formulation, recursive Newton-Euler algorithm, extensions of the dynamical model • Nonlinear control: Lyapunov stability, gravity compensation, inverse dynamics, adaptive control, task space control • Motion planning: Time-optimal trajectory generation, collision checking, configuration space, local path planning, global path planning • Mobile robots: Basics of control and planning
6	Learning objectives and skills	The students are able to • derive the dynamical model of a robotic manipulator using the Euler-Lagrange equations and the recursive Newton-Euler algorithm • design and implement nonlinear methods for robot motion and force control and analyze their stability using Lyapunov theory • plan collision-free motions for robots in known environments using local and global planning algorithms
7	Prerequisites	Recommended prior knowledge: Basics of advanced mathematics, control theory and robotics
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005. • B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.

	• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018. • S. LaValle: Planning algorithms, Cambridge University Press, 2006.

1	Module name 94967	Machine Learning for Control Systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Michalka
5	Contents	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. Lecture contents: • Basic Concepts of Machine Learning and Stochastic Processes • Iterative Learning Control • Linear Regression • Gaussian Process Regression • Logistic Regression and Support Vector Machine • Artificial Neural Networks • Reinforcement Learning
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to: • 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. • distinguish between and explain in detail the functional principles of different machine learning methods. • apply various methods of machine learning to the design of control systems.
7	Prerequisites	Recommended prior knowledge: Basics of advanced mathematics and control theory
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

1	Module name 92241	Modeling of Control Systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Thomas Moor
5	Contents	• Ordinary differential equations as models of engineering processes • State space representation and linearisation • Control engineering models of mechanical systems • Control engineering models of chemical processes • Numerical methods for the solution of ordinary differential equations
6	Learning objectives and skills	The students • explain how to derive models for engineering processes • develop models for the control of basic technical processes • develop models for complex mechanical systems • explain established models for basic chemical processes • discuss and evaluate methods for the numerical solution of ordinary differential equations
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Woods, R.L., Lawrence, K.L.: Modeling and Simulation of Dynamic Systems, Prentice Hall, 1997

1	Module name 92528	Numerical Optimization and Model Predictive Control Numerical optimization and model predictive control	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Numerical Optimization and Model Predictive Control (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	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). In summary, the course covers the following topics: • Introduction to and examples of static and dynamic optimization problems • Unconstrained numerical optimization (optimality conditions, numerical methods) • Constrained numerical optimization (linear/quadratic/nonlinear problems, optimality conditions, numerical methods) • Dynamical optimization / optimal control problems (calculus of variations, optimality conditions, PMP, numerical methods) • Nonlinear model predictive control (formulations, stability, real-time solution)
6	Learning objectives and skills	After successful completion of the module, students will be able to • differentiate the problem classes of parametric and dynamic optimization • formulate and analyze practical optimization problems • derive and solve the optimality conditions for unconstrained and constrained optimization problems using state-of-the-art software tools • classify the different formulations and stability criteria for nonlinear model predictive control • design a model predictive controller for a given control task and analyze the performance and stability properties in closed loop • 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
7	Prerequisites	Basic knowledge of advanced mathematics (especially linear algebra) Basic knowledge of dynamical systems in time domain description (e.g. Regelungstechnik B)
8	Integration in curriculum	semester: 6
9	Module compatibility	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211

		Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	S. Boyd, L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004 J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization. New York: Springer, 2006 M. Papageorgiou, M. Leibold, M. Buss. Optimierung. Berlin: Springer, 2012 C.T. Kelley. Iterative Methods for Optimization. Society for Industrial und Applied Mathematics (SIAM), 1999 D.P. Bertsekas. Nonlinear Programming. Belmont. Athena Scientific, 1999 E. Camacho, C. Alba. Model Predictive Control. 2. Auflage, Springer, 2004 L. Grüne, J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms, Springer, 2011

1	Module name 44050	Optimierung für Ingenieure Optimisation for engineers	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Optimization for Engineers (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Hild	

4	Module coordinator	Dr. Johannes Hild
5	Contents	Introduction to continuous optimization problems and methods with and without constraints • Classification of problem types • Optimality conditions and termination criteria • Descent directions and line search methods • Convergence analysis Unconstrained optimization • Steepest descent and conjugate gradient • Newton-type methods • Nonlinear Least Squares Constrained optimization • Projection methods • Trust Region • Barrier and penalty methods • Interior point methods Noisy Functions • Simplex Gradient • Implicit Filtering
6	Learning objectives and skills	Competences Know • Students list requirements, strengths and weaknesses of common optimization methods. • Students recognize crucial components in existence and convergence proofs in the context of minimizing sequences. Understand • Students explain the different components of optimization methods. • Students describe the relationship between requirements and conclusions of existence and convergence theorems in the context of minimizing sequences. Apply • Students check feasibility, well-posedness and constraint qualifications of optimization problems. • Students formulate and solve optimality conditions analytically. • Students apply optimization algorithms to optimization problems. Analyse • Students analyse uncommon optimization approaches and extract their requirements, strengths and weaknesses. Evaluate

		- Students evaluate the class and structure of unsolved optimization problems. - Students choose suitable algorithmic approaches for unsolved optimization problems. Create - Students formulate optimization problems using mathematical methods and structures. - Students modify and combine common optimization routines to create project-specific algorithms for unsolved optimization problems.
7	Prerequisites	Requires contents of the lecture Mathematics for Engineers I, II and III. Especially: - Linear algebra - Analysis of real valued functions - Differential and integral calculus in multi dimensional spaces Requires successful participation in the weekly e-learning assessments.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination 5 ECTS: Written exam (60 minutes) open book online based on the content of the lecture.
11	Grading procedure	Written examination (100%) The grade of the module equals the grade of the written exam.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Nocedal, Jorge and Wright, Stephen J.: Numerical Optimization. Springer Serie in Operations Research, 2006. Kelley, C. T.: Iterative Methods for Optimization. Frontiers in Applied Mathematics 18, SIAM Philadelphia 1999; Polak, E.: Optimization. Algorithms and Consistent Approximations. Applied Mathematical Sciences, Volume 124, Springer-Verlag New York, 1997. Jarre, F.: Optimierung, Springer 2003;

1	Module name 65917	Discrete optimization I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	Theoretical and practical fundamentals of solving difficult mixed-integer linear optimization problems (MIPs) constitute the main focus of this lecture. At first, the concept of NP-completeness and a selection of common NP-complete problems will be presented. As for polyhedral theory, fundamentals concerning the structure of faces of convex polyhedra will be covered. Building upon these fundamentals, cutting plane algorithms as well as branch-and-cut algorithms for solving MIPs will be taught. Finally, some typical problems of discrete optimization, e.g., the knapsack problem, the traveling salesman problem or the set packing problem will be discussed.
6	Learning objectives and skills	Students • will gain basic theoretical knowledge of solving mixed-integer linear optimization problems (MIPs), • are able to solve MIPs with the help of state-of-the-art optimization software.
7	Prerequisites	Recommended: Linear and Combinatorial Optimization
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 65923	Optimization in industry and economy	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	This course focuses on modeling and solving real-world optimization problems occurring in industry and economics. Advantages and disadvantages of different modeling techniques will be outlined. In order to achieve efficient solution approaches, different reformulations and their numerical results will be discussed. Students will learn how to present optimization results properly as well as how to interpret and evaluate these results for practical applications. The latter may include but is not limited to the optimization of transport networks (gas, water, energy), air traffic management and mathematical modeling/optimization of market mechanisms in the energy sector.
6	Learning objectives and skills	Students • model complex real-world optimization problems with respect to efficient • solvability, • classify the models and use appropriate solution strategies, • evaluate the achieved computational results.
7	Prerequisites	Recommended: Modul LKOpt: Linear and combinatorial optimization
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Lecture notes (will be published on StudOn at the beginning of the semester)

		• Up-to-date research literature (will be published on StudOn at the beginning of the semester)

1	Module name 65161	Lineare und Kombinatorische Optimierung Linear and combinatorial optimisation	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Dieter Weninger
5	Contents	Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Theorie und Lösung kombinatorischer und in diesem Kontext linearer Optimierungsprobleme. Wir behandeln klassische Probleme auf Graphen, wie das Kürzeste-Wege-Problem, das Aufspannende-Baum-Problem oder das Max-Flow-Min-Cut-Theorem. Zur Vorlesung gehören auch die Dualität der linearen Optimierung und das Simplexverfahren. Gegenstand der Vorlesung ist zudem die Analyse von Algorithmen und die Vermittlung algorithmischer Grundprinzipien. Neben der vierstündigen Vorlesung werden zweistündige Übungen angeboten. Anhand von Präsenz- und Hausaufgaben werden wesentliche Lerninhalte geübt. Zusätzlich werden Softwareübungen angeboten.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erkennen und analysieren selbstständig kombinatorische Optimierungsprobleme; • erläutern algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an; • klassifizieren komplexe Verfahren des Lerngebietes; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her
7	Prerequisites	empfohlen: Lineare Algebra
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Schrijver: Combinatorial Optimization Vol. A C; Springer, 2003 • Korte, J. Vygen: Combinatorial Optimization; Springer, 2005

1	Module name 65150	Nichtlineare Optimierung Nonlinear optimisation	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	Contents	- Unrestringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen, Abstiegsverfahren, Verfahren der konjugierten Richtungen, Variable-Metrik-Methoden und Quasi-Newton-Methoden) - Restringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - nennen und erklären Grundbegriffe der Nichtlinearen Optimierung; - modellieren und lösen praxisrelevante Probleme mit Hilfe der erlernten Verfahren; - sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her.
7	Prerequisites	empfohlen: Abschluss der Module Analysis I, Analysis II, Lineare Algebra I, Lineare Algebra II und Numerische Mathematik.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (90 minutes) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	- Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 1999 - Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2002

	• W. Alt: Nichtlineare Optimierung; Vieweg, 2002 • F. Jarre und J. Stoer: Optimierung; Springer, 2004 • M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms; Wiley, New York, 1993

1	Module name 65175	Robuste Optimierung 1 Robust optimization	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 1 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 1 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann Florian Rösel Martina Kuchlbauer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	Oft sind die Eingabedaten eines mathematischen Optimierungsproblems in der Praxis nicht exakt bekannt. In der robusten Optimierung werden deswegen möglichst gute Lösungen bestimmt, die für alle innerhalb gewisser Toleranzen liegenden Eingabedaten, zulässig sind. Die Vorlesung behandelt die Theorie und Modellierung robuster Optimierungsprobleme, insbesondere die robuste lineare und robuste kombinatorische Optimierung. Darüber hinaus werden anhand von Anwendungsbeispielen aktuelle Konzepte wie z.B. die wiederherstellbare Robustheit gelehrt. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erkennen selbstständig Optimierungsprobleme unter Unsicherheit, modellieren die zugehörigen robustifizierten Optimierungsprobleme geeignet und analysieren diese; • nutzen die passenden Lösungsverfahren und bewerten die erzielten Ergebnisse.
7	Prerequisites	empfohlen: Lineare Algebra Vorteilhaft ist das Modul Lineare und Kombinatorische Optimierung.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Tutorial achievement Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Tutorial achievement (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Vorlesungsskript zu diesem Modul

	• Ben-Tal, El Ghaoui, Nemirovski: Robust Optimization; Princeton University Press

1	Module name 65918	Robust optimization II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 2 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 2 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Hartisch	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	Contents	In practice, provided data for mathematical optimization problems is often not fully known. Robust optimization aims at finding the best solution which is feasible for input data varying within certain tolerances. The lecture covers advanced methods of robust optimization in theory and modeling. In particular, robust network flows, robust integer optimization and robust approximation are included. Further, state-of-the-art concepts, e.g., "light robustness" or "adjustable robustness" will be discussed by means of real-world applications.
6	Learning objectives and skills	Students - will be able to identify complex optimization problems under uncertainties as well as suitably model and analyze the corresponding robust optimization problem with the help of advanced techniques of robust optimization, - learn the handling of appropriate solving techniques and how to analyze the corresponding results.
7	Prerequisites	Recommended: Robust Optimization I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Data Science Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Oral
11	Grading procedure	Oral (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	Lecture notes, will be published on StudOn at the beginning of the semester.

1	Module name 93954	Legal Tech - Von der juristischen Methodenlehre zur Computerwissenschaft Legal tech - From legal methodology to computer science	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Zivilrecht und Legal Tech Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

Symbolic artificial intelligence

1	Module name 93116	AI-1 Systems Project AI-1 Systems project	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projektseminar: AI-1 Systems Project (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Jan Frederik Schaefer Prof. Dr. Michael Kohlhase	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Contents	This project complements the symbolic AI methods covered in the AI-1 Lecture with practical experience in implementing the algorithms or applying existing state-of-the-art libraries and systems. Practical areas of covered in this project include • Logic Programming • Rational Agents • Search (classical/adversarial) • Constraint Satisfaction/Propagation • Propositional/First-Order Reasoning • Knowledge Representation • Planning Project participants will work on multiple concrete problems/applications in small project teams. The results will be • evaluated using benchmark/problems and/or competitions between project teams. • documented in (short) project reports and be presented to the group.
6	Learning objectives and skills	Students will • develop and implement algorithms or apply existing systems/libraries to multiple symbolic AI Problems, • acquire hands-on experience in an established research field, • learn best practices in software development and documentation, • gain first experience in academic writing.
7	Prerequisites	Strong programming skills in any programming language.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement The project consists of several large tasks (≈6). The first task is solved individually, the other tasks are solved in teams of 2 students. A presentation is given on one of the tasks (typically as a group presentation where each student gets a ≈10 minute segment that is individually graded). A written report (no restrictions on page number, 10–15 pages is typical) is submitted on one task. Three reviews for other students' reports have to be written. The reviewed students can use the reviews to improve their report. The review process is double-blind and students can choose not to get reviews for their report.
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)

		The final grade is composed from the quality of the deliverables, namely the practical part (65% of the grade), the presentation (10% of the grade), the written report and reviews (25% of the grade).
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 40 h Independent study: 260 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 851420	Projekt zur Künstlichen Intelligenz Project for artificial intelligence	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase apl. Prof. Dr. Florian Rabe
5	Contents	The KWARC group (Wissensrepräsentation und Verarbeitung) conducts research in knowledge representation and reasoning techniques with a view towards applications in knowledge management. We extend techniques from formal methods so that they can be used in settings where formalization is either infeasible or too costly. We concentrate on developing techniques for marking up the structural semantics in technical documents. This level of markup allows for offering interesting knowledge management services without forcing the author to formalize the document contents. In contrast to courses with fixed topics, project topics are defined individually. See http://kwarc.info for further information.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - arbeiten sich in komplexe Softwaresysteme ein und erweitern diese - lernen, eigenständig Lösungsvorschläge auszuarbeiten und umzusetzen - dokumentieren die von ihnen geschriebene Software
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 93065	Project Knowledge Representation for Mathematical Theories Project Symbolic Natural Language Processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module! none	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Contents	This project module is a companion to the course "Knowledge Representation for Mathematical Theories" and gives students the opportunity to consolidate the theoretical insights from that course in practical formalization projects in the MMT (Meta-Meta Toolkit) system.
6	Learning objectives and skills	Students learn to apply advanced theoretical knowledge representation concepts in a state-of-the-art symbolic AI system and thereby understand them much more thoroughly. Concretely the projects cover • Theories and theory morphisms in MMT • Representing Logics and Inference systems in LF via the Curry/Howard Isomorphism • Representing Axiomatic Set Theories • Representing Logical Semantics via Views in MMT
7	Prerequisites	This project module is a companion to the (theory) course "Knowledge Representation for Mathematical Theories" and should only be attempted in parallel or after that course. The course builds on knowledge about propositional and first-order logic as they are covered e.g. in the course Artificial Intelligence I by the same instructor. Without prior exposure, working familiarity to, and a liking of formal logic and inference methods the course is very hard as they need to be reviewed in parallel to the course.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement Students solve (under supervision) a series of mathematical knowledge representation and inference problems of increasing difficulty. They present one solution to the group.
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail) The solutions count 85% and the presentation 15% of the final grade.
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 96843	Reproduce Research Results Reproduce research results	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Reproduce Research Results Lecture and Exercises (SoSe 2025)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Linda-Sophie Schneider	
5	Contents	Students will reproduce state-of-the-art scientific results which has two core goals: students can pursue a project close to the state-of-the-art and learn several competencies necessary to reproduce and question scientific results. The projects can method- and application-wise be closely adapted to the students' interests, while the task and grading will be set globally. The outcome of this project series further yields a contribution to the scientific community, which is a report of the state of reproducibility in the field. The project seminar will start with a series of lectures. Students then will first evaluate publications from major conferences in the field regarding their reproducibility to collect comprehensive information and to get an initial understanding of the challenges ahead. To narrow down the topic, we typically focus on a top international conference, e.g. CVPR and MICCAI. Conferences of focus might change on a semester basis and will be announced at the beginning of the semester. Students will be able to choose a varying degree of reproduction, from simple attempts to reproduce a single result from a paper to full implementation of a paper. Depending on the chosen task students will investigate one or multiple papers. Students will provide feedback to their peers and exchange in a peer group, the reproduction and all deliverables are individual works (no submission groups).	
6	Learning objectives and skills	• Develop Critical Research Skills, in Particular Reproduction of Scientific Results. • Ability to Evaluate Research Quality critically • Give and Receive Constructive Feedback from Peers • Enhance Technical Proficiency in Implementation and Code Execution • Foster Collaboration and Scientific Communication Skills • Build Ethical Awareness and Responsibility	
7	Prerequisites	Basic knowledge in Computer Vision, Medical Imaging, Machine Learning is strongly recommended. Coding and debugging skills are essential.	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211 Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement The examination will happen in several exercise parts - An initial exercise - A report on the reproduction effort - Feedback to peers - An in-person explanation of the report in a Q&A style For grading, we request the written exercise and report (5 pages each, JMLR style), as well as an in-person code explanation (15 min)
11	Grading procedure	Practical achievement (100%) Written exercise (20%), feedback to peers (10%), report (20%), oral examination for in-person code explanation (50%)
12	Module frequency	Every semester Winter semester 60 students Summer semester 20 students
13	Workload in clock hours	Contact hours: 40 h (contact hours in SWS x 15 per semester) Independent study: 260 h (ECTS credits x 30 - contact hours)
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

Subsymbolic AI/Machine learning

1	Module name 47602	Biomedical Image Analysis Project Project: Biomedical image analysis	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projektseminar: Biomedical Image Analysis Project (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Luisa Neubig Prof. Dr. Andreas Kist René Groh	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Kist
5	Contents	Computer vision is one of the major tasks and applications of artificial intelligence (AI). In this project module, we provide several biomedical image analysis projects, such as image classification, image segmentation and image embeddings. Students will approach these projects individually and will develop software prototypes in the light of good scientific practice.
6	Learning objectives and skills	Students • are able to develop and implement an algorithm for a biomedical image analysis problem • can document their code • apply hands-on skills in training, evaluating, and optimizing deep neural networks • can present complex topics • can extract relevant information from journal papers • are able to write scientific reports in accordance with international academic standards.
7	Prerequisites	Recommended: - Prior programming knowledge of the programming language Python. - Prior experience with image processing and deep learning techniques, for example shown by attending successfully courses like "Pattern Recognition", "Deep Learning", "Data Science Survival Skills" or similar.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Seminar achievement: working software prototype, talk 10 min, academic report in PMLR style (4 pages, excl. references)
11	Grading procedure	Variable (100%) Grading procedure: Software prototype (50%), talk (25%), report (25%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	• Burger and Burge, Principles of Digital Image Processing (all volumes) • Howes and Minichino, Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3 • Sebastian Raschka, Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2 • Aurélien Géron, Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow • Pereira et al., Quantifying behaviour to understand the brain, Nat Neurosci 2020

1	Module name 93112	Project Representation Learning Project: Representation learning	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Project Representation Learning (8 SWS) yes for final presentations and meetings	10 ECTS
3	Lecturers	Mischa Dombrowski	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Kainz
5	Contents	At the Image Data Exploration and Analysis Lab we offer project topics that are connected to our current research in the fields of medical image processing, machine learning, human-in-the-loop computing, and computer vision. Other than a course with fixed topic, project topics are defined individually. The 10 ECTS project is directed towards students of computer science and medical engineering. Please have a look at our website for an overview. https://www.idea.tf.fau.eu/teaching/open-projects/ Different projects in the area of (deep) representation learning are on offer. These reach from theoretical exploration of new data representation methods to practical evaluation of applications in, e.g., medical image analysis. Further example projects will be made available on the website of the Image Data Exploration and Analysis Lab. Students may also propose their own projects, which will be coordinated and refined with the module lead during preliminary discussions.
6	Learning objectives and skills	The students work their way into complex software systems and expand them learn to develop and implement solutions independently document the software they have written. We'll start with a project definition phase, followed by literature research, idea outline and implementation phase. Final results will be presented in a mini-symposium and further explained in a short 10-page scientific report. Module aims In this module you will have the opportunity to demonstrate independence and originality, to plan and organise a large project over a long period, and to put into practice the knowledge, skills and research methods that you have learnt throughout the course. Learning outcomes Upon successful completion of this module, you will have demonstrated your ability to: - apply previously taught knowledge and skills to a substantial problem in Computing or Data Science, as an individual - conduct an independent investigation and apply cutting-edge research, methods and thinking appropriate to the problem - present complex technical material orally to a mixed audience

		- exercise scientific writing skills by way of a substantial written report, summarising your findings Module syllabus There will be a small number of supporting meetings that will 1. describe the structure of the project, including expectations, milestones and deliverables, 2. give guidance on writing and presentation skills targeted specifically at individual projects, 3. explain the assessment procedures. The rest of the project involves an independent investigation under the supervision of an academic advisor.
7	Prerequisites	You should have very solid programming skills and have knowlege in machine learning, deep learning and computer vision methods.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable The deliverables include a written report (10 pages) and a presentation (20 minutes)
11	Grading procedure	Variable (100%) The grade consists of the written report (80%) and the presentation (20%).
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 93117	AI-2 Systems Project AI-2 Systems project	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: AI-2 Systems Project (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Kohlhase Jan Frederik Schaefer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Contents	This project complements the statistical AI and Machine Learning methods covered in the AI-2 Lecture with practical experience in implementing the algorithms or applying existing state-of-the-art libraries and systems. Practical areas of covered in this project include • Probabilistic Reasoning • Bayesian/Decision Networks • Temporal Probability Models • MDP/POMDPs • Inductive Learning • Neural Networks • Statistical Learning • Natural Language Processing Project participants will work on multiple concrete problems/applications in small project teams. The results will be • evaluated using benchmark/problems and/or competitions between project teams. • documented in (short) project reports and be presented to the group.
6	Learning objectives and skills	Students will • develop and implement algorithms or apply existing systems/libraries to multiple symbolic AI Problems, • acquire hands-on experience in an established research field, • learn best practices in software development and documentation, • gain first experience in academic writing.
7	Prerequisites	Strong programming skills in any programming language.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement The project consists of several large tasks (≈6). The first task is solved individually, the other tasks are solved in teams of 2 students. A presentation is given on one of the tasks (typically as a group presentation where each student gets a ≈10 minute segment that is individually graded). A written report (no restrictions on page number, 10–15 pages is typical) is submitted on one task. Three reviews for other students' reports have to be written. The reviewed students can use the reviews to improve their report. The review process is double-blind and students can choose not to get reviews for their report.
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)

		The final grade is composed from the quality of the deliverables, namely the practical part (65% of the grade), the presentation (10% of the grade), the written report and reviews (25% of the grade).
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 40 h Independent study: 260 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 377432	Master-Projekt Datenmanagement Master project data management	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Master-Projekt Datenmanagement (2 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	Contents	Da wir in der Vergangenheit immer mit sehr kleinen Teilnehmerzahlen in unseren Master-Projekten zu tun hatten, haben wir sie nun (nach dem Vorbild anderer Lehrstühle) anders organisiert: Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhalten individuelle Aufgaben, die sich in den Projekten am Lehrstuhl ergeben haben und die sich im Rahmen einer solchen Lehrveranstaltung lösen lassen. Sowohl die Wissenschaftlichkeit als auch die erwünschte Team-Arbeit sind durch die Einbettung in diese Projekte gegeben, selbst bei nur einem Teilnehmer oder einer Teilnehmerin. Im Unterschied zu den Examensarbeiten wird die praktische Arbeit einen viel größeren Anteil einnehmen. Literaturarbeit und Dokumentation der Ergebnisse sind immer noch erwünscht, fallen aber deutlich geringer aus als bei Examensarbeiten. In erster Linie wird an Forschungsprototypen mitgearbeitet, die in den Projekten am Lehrstuhl erstellt werden. Das kann Codierung bedeuten, aber auch Messungen und Simulationen, um nur einige Beispiele zu nennen. Wir schlagen Themen vor, aber es ist durchaus zulässig, sich auch selbst Gedanken über ein Thema zu machen. Naheliegende Voraussetzung dafür ist es, sich mit den Projekten am Lehrstuhl zu befassen (siehe Orientierungsvorlesung!) und auch mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu sprechen, die diese Projekte durchführen. Themenvorschläge finden sich im zugeordneten StudOn-Kurs.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • arbeiten sich in ein laufendes Forschungsprojekt ein; • arbeiten im Team mit wissenschaftlichen Mitarbeitern und anderen Studierenden; • konzipieren und implementieren Erweiterungen eines komplexen Software-Systems; • verstehen und ergänzen die Dokumentation von komplexen Software-Systemen; • arbeiten mit Versionsverwaltungssystemen; • verwenden Software-Entwicklungs-Tools; • stellen die Ergebnisse ihrer Entwicklung einem Leitungsgremium dar.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio

		• Programmentwicklung • Ausarbeitung (ca. 20 Seiten) • Abschluss-Präsentation (30 Minuten zzgl. 15 Minuten Fragen)
11	Grading procedure	Portfolio (100%) Die Benotung setzt sich zusammen aus 50 % Programmentwicklung, 30 % Ausarbeitung und 20 % Abschluss-Präsentation.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	hängt vom gewählten Thema ab

1	Module name 615628	Innovationslabor für Wearable und Ubiquitous Computing Innovation lab for wearable and ubiquitous computing	10 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum/Projekt: Innovationslabor für Wearable und Ubiquitous Computing (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Matthias Zürl Johannes Link Marlies Nitschke Ann-Kristin Seifer Nils Roth Michael Nissen Misha Sadeghi Imrana Abdullahi Yari Charlotte Rohleder Alzhraa Ibrahim Mohamad Wehbi Kai Klede Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Matthias Zürl	
5	Contents	Mini-Computer, die unseren Lebensrhythmus dokumentieren, EKG-Sensoren, die jedes Detail aufzeichnen, Brillen, die uns in eine andere Realität versetzen diesen Technologien begegnen wir mittlerweile ständig im Alltag. Im Innovationslabor für Wearable und Ubiquitous Computing werden solche Technologien von Studierenden entwickelt und gleichzeitig aufgezeigt, wie man mit diesen ein eigenes Startup gründen könnte. Die innovativen Technologien werden dabei prototypisch in Gruppenarbeit (5-8 Studierende) unter Nutzung von agilen Entwicklungsmethoden (Scrum) geschaffen. Den Studierenden steht dabei der Zugang zum Innovationslabor offen, welches mit der nötigen Infrastruktur für die Entwicklung der Prototypen ausgestattet ist. Die Ideen für die Projekte stammen dabei entweder von kooperierenden Firmen oder von den Studierenden selbst. Neben dem Prototyping erlernen die Teilnehmer in Tutorials die Grundlagen für innovatives Arbeiten wie Design Thinking und Patentrecherche. Zudem wird ihnen beigebracht, wie sie nach der Entwicklung ihre Ideen schützen und gegebenenfalls an den Markt bringen können. *Content:* Mini-computers documenting our rhythm of life, EKG-Sensors tracing every detail or glasses, that transfer us into another reality are amongst the technologies we are meanwhile facing in our everyday lives. At the Innovation Lab for Wearable and Ubiquitous Computing students develop such technologies and learn about the possibilities and requirements to build a start-up. By applying agile development methods (Scrum), teams of 5 to 8 students develop prototypes of products within the wearable and ubiquitous computing field. Participating students have	

		open access to the Innovation Lab, which provides them with everything they need to develop their prototypes. The project ideas originate from cooperating companies or the students themselves. Besides the great practical experience gained during development, students also learn about entrepreneurship. There will be tutorials covering design thinking, market analysis, management of development processes, securing intellectual property, and business plan creation.
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden nutzen in der gemeinsamen agilen Projektentwicklung das Framework SCRUM. • Die Studierenden führen eine Ideation Session mit ihrem Projektpartner durch. • Die Studierenden lernen, die Ergebnisse ihrer Entwicklung sowohl wissenschaftlich als auch im Kontext eines Sales-Pitches zu präsentieren. • Die Studierenden nutzen Gitlab für die gemeinsame Entwicklung von Software-Anwendungen. • Die Studierenden lernen die verschiedensten Aspekte einer Unternehmensgründung kennen. *Learning Goals and skills:* • Students use the agile project management framework SCRUM. • Students conduct an ideation session together with project partners. • Students learn to present their results both in a research environment as well as in a sales-pitch environment • Students use Gitlab for the joint development of software applications. • Students are familiarized with various aspects of entrepreneurship and founding.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio The overall grade consists of four parts: • Team presentation - 30 min, 5 min per student (30%) • Final business pitch and live prototype demonstration - 10 min (10%) • Hardware/software development, Scrum Meetings, Practical work (40%) • Final documentation - approx. 3-6 pages per student (20%)
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 628205	Projekt Mustererkennung Project: Pattern recognition	10 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum/Projekt: Projekt Computer Vision (0 SWS) Praktikum/Projekt: Projekt Mustererkennung (0 SWS) Praktikum/Projekt: Project Remote Sensing (2 SWS) Praktikum/Projekt: Project Time Series Praktikum/Projekt: Project Medical Imaging	10 ECTS 10 ECTS 10 ECTS - 10 ECTS
3	Lecturers	Martin Mayr Dr.-Ing. Vincent Christlein Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Marcel Nicolas Dreier Tomas Arias Vergara Linda-Sophie Schneider	

4	Module coordinator	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner	
5	Contents	At the Pattern Recognition Lab we offer project topics that are connected to our current research in the fields of medical image processing, speech processing and understanding, computer vision and digital sports. Other than a course with fixed topic, project topics are defined individually. The 10 ECTS project is directed towards students of computer science. However, most projects can also be offered as 5 ECTS medical engineering practical modules (academic laboratory or research laboratory). Please have a look at our website for an overview.	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • arbeiten sich in komplexe Softwaresysteme ein und erweitern diese • lernen, eigenständig Lösungsvorschläge auszuarbeiten und umzusetzen • dokumentieren die von ihnen geschriebene Software	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	Method of examination	Portfolio	
11	Grading procedure	Portfolio (100%)	
12	Module frequency	Every semester	
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h	
14	Module duration	1 semester	

15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 924553	Projekt Maschinelles Lernen und Datenanalytik Project machine learning and data analytics	10 ECTS
2	Courses / lectures	Sonstige Lehrveranstaltung: Project Machine Learning and Data Analytics (2 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Dr. Dario Zanca Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier An Nguyen Dr. Dario Zanca
5	Contents	At the Machine Learning and Data Analytics Lab we offer project topics that are related to our current research in the fields of Machine Learning, Human Computer Interaction, Modeling and Simulation and Wearable Computing. Other than a course with fixed topic, project topics are defined individually. The 10 ECTS project addresses students of computer science and medical engineering. However, most projects can also be offered as 5 ECTS medical engineering internship/praktikum. There will be a kick-off meeting the first Thursday 16:15-18:00 of each semester where topics in the field of machine learning and data analytics will be presented. Most topics will be related to the diverse research fields of the Machine Learning and Data Analytics Lab. Students also have the possibility to discuss their own project ideas with the supervisors. The distribution of topics will be based on prerequisites and first come, first serve in terms of time of registration until all topics are distributed. Students will have to contact the corresponding supervisor for the topic of interest. Additional topics are also presented on our website.
6	Learning objectives and skills	The students • work on a machine learning algorithm and implement it • work on complex software systems and expand them • learn to independently develop and implement proposed solutions • document the software they have written
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211 No prerequisites for this course.
10	Method of examination	Portfolio The evaluation for projects includes a code repository with the implementation of the work (including proper code documentation), a 15-minute presentation, and a term paper of approximately 10 pages.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) The overall grade consists of these parts: • 50% graded implementation • 25% graded presentation

		• 25% graded documentation/report
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 96843	Reproduce Research Results Reproduce research results	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Reproduce Research Results Lecture and Exercises (SoSe 2025)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Linda-Sophie Schneider	
5	Contents	Students will reproduce state-of-the-art scientific results which has two core goals: students can pursue a project close to the state-of-the-art and learn several competencies necessary to reproduce and question scientific results. The projects can method- and application-wise be closely adapted to the students' interests, while the task and grading will be set globally. The outcome of this project series further yields a contribution to the scientific community, which is a report of the state of reproducibility in the field. The project seminar will start with a series of lectures. Students then will first evaluate publications from major conferences in the field regarding their reproducibility to collect comprehensive information and to get an initial understanding of the challenges ahead. To narrow down the topic, we typically focus on a top international conference, e.g. CVPR and MICCAI. Conferences of focus might change on a semester basis and will be announced at the beginning of the semester. Students will be able to choose a varying degree of reproduction, from simple attempts to reproduce a single result from a paper to full implementation of a paper. Depending on the chosen task students will investigate one or multiple papers. Students will provide feedback to their peers and exchange in a peer group, the reproduction and all deliverables are individual works (no submission groups).	
6	Learning objectives and skills	• Develop Critical Research Skills, in Particular Reproduction of Scientific Results. • Ability to Evaluate Research Quality critically • Give and Receive Constructive Feedback from Peers • Enhance Technical Proficiency in Implementation and Code Execution • Foster Collaboration and Scientific Communication Skills • Build Ethical Awareness and Responsibility	
7	Prerequisites	Basic knowledge in Computer Vision, Medical Imaging, Machine Learning is strongly recommended. Coding and debugging skills are essential.	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211 Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement The examination will happen in several exercise parts - An initial exercise - A report on the reproduction effort - Feedback to peers - An in-person explanation of the report in a Q&A style For grading, we request the written exercise and report (5 pages each, JMLR style), as well as an in-person code explanation (15 min)
11	Grading procedure	Practical achievement (100%) Written exercise (20%), feedback to peers (10%), report (20%), oral examination for in-person code explanation (50%)
12	Module frequency	Every semester Winter semester 60 students Summer semester 20 students
13	Workload in clock hours	Contact hours: 40 h (contact hours in SWS x 15 per semester) Independent study: 260 h (ECTS credits x 30 - contact hours)
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

AI systems and applications

1	Module name 93103	Hands on Rehabilitation and Assistive Robotics (HandsOnRAR) Hands on rehabilitation and assistive robotics (HandsOnRAR)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Hands on Rehabilitation and Assistive Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Hannah Braun Marc-Anton Scheidl Prof. Dr. Claudio Castellini Fabio Egle Silvana Miranda Montenegro Dr. rer. nat. Sabine Thürauf Marek Sierotowicz	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Claudio Castellini Fabio Egle Marek Sierotowicz
5	Contents	- Hands on signal processing: Gathering and storing signals, analysing them with Matlab / Python, statistical analysis, plotting and meaningfully visualising your data. - Hands on software: The interactiveMyocontrol (iM-Blocks) suite, peculiarities, open problems, architecture. Building your own signal interpretation and processing environment, connecting it with robotic hardware in the lab and/or virtual reality. - Hands on user studies: properly designing, carrying out and evaluating a user study in RAR. - Hands on hardware: Using the robotic platforms in the lab to achieve better control, more human-friendly interaction, more proficient therapies. - Hands on 3D printing, mechanical design and electronics: Designing and creating small helper devices, improving on existing platforms, better physical interaction with the human body.
6	Learning objectives and skills	Students who have carried out this practical course - have a practical understanding of Rehabilitation and Assistive Robotics, the motivations, problems, and challenges - can conceive and design research-related software and hardware for RAR - have knowledge about the clinical and industrial situation in RAR and possibly have been in contact with a patient, gaining some insight in the clinical situation
7	Prerequisites	Recommended: One of the courses offered by the Chair, such as e.g., Upper-limb Prosthetics or Intent Detection and Feedback. This module can be used as Academic Lab/Hochschulpraktikum (M6.1) in the Master's program Medical Engineering.
8	Integration in curriculum	semester: 3

9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (pass/fail)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 43387	Project Digital Reality Project digital reality	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Project Digital Reality (0 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	The project addresses current research topics in the domains of computer graphics, computer vision and machine learning with a focus on applications and techniques that bridge reality and the digital domain.
6	Learning objectives and skills	Students know • ◦ the current limitations in the field ◦ the core ideas and algorithms of current research work ◦ their own software prototype to solve a complex problem with modern hardware and methods and evaluate by themselves the effectiveness of such
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 100 h Independent study: 200 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	

1	Module name 43932	Computational Imaging Project Computational imaging project	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Computational Imaging Project (8 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers		

4	Module coordinator	Prof. Dr. Florian Knoll
5	Contents	Individual or group projects in the area of computational methods in biomedical imaging. The projects range from theoretical analysis to practical implementations of approaches that have recently been published in the literature. Students can either propose their own topics or contact the lecturer for a list of available topics. The project can be done either as 10 ECTS or a 5 ECTS depending on the scope of the work and the study program. If you want to do a project in this semester, please write an email to Prof. Knoll at the beginning of the semester to discuss possible topics.
6	Learning objectives and skills	Students acquire and practice the skills to: • Read and discuss literature from the field of biomedical imaging • Implement approaches that are proposed in the literature • Run computational experiments and interpret and communicate their findings in lab meetings
7	Prerequisites	Recommended: Computational Magnetic Resonance Imaging Lecture and Medical Engineering II
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement The grade is determined by: 50% Software development of approaches from the literature. 25% Presentation of the software and the results in the lab group meeting. 25% Written documentation of the development in form of a project report (max 10 pages).
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	An individual reading list will be established at the beginning of each project.

1	Module name 44642	Ausgewählte Projekte der Computergraphik (GraPro) Selected projects in computer graphics (GraPro)	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Frank Bauer Philipp Kurth Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	Wie entstehen eigentlich digitale Inhalte in einem Museum? In diesem Projekt-Seminar lernen Sie den zugrundeliegenden Ablauf in Zusammenarbeit mit dem Germanischen Nationalmuseum kennen. Dabei arbeiten Sie selbst an jedem Schritt mit: vom Scan im Museum über die 3D-Rekonstruktion und Aufbereitung der Daten (in Blender) bis zur inhaltlichen Gestaltung (mit Unity 3D) und finalen Veröffentlichung z.B. über Sketchfab. Durch das Semester werden Sie immer begleitet von Experten aus dem Germanischen Nationalmuseum, Mitarbeitern der Computergrafik und der Digital Humanities in Erlangen. So können Sie im Laufe des Semesters eine digitale Ausstellung von Anfang bis Ende interaktiv und spannend gestalten.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Erschaffen Lernende planen, entwerfen und produzieren unter Zuhilfenahme von typischen Werkzeugen der Computergrafik eine digitale Ausstellung für eine reales Museumsobjekt.
7	Prerequisites	Sie sollten bereits über grundlegende Programmierkenntnisse verfügen. Mögliche Vorlesungen sind z.B. AuD, IWGS oder GdI. Idealerweise haben Sie auch bereits Erfahrung im Umgang mit 3D-Software oder die Veranstaltung Computergrafik absolviert.
8	Integration in curriculum	semester: 2
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 100 h Independent study: 200 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 47676	Projekt Biomedical Network Science Project: Biomedical network science	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Projekt Biomedical Network Science (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Dr. Anne Hartebrodt Prof. Dr. David Blumenthal	

4	Module coordinator	Prof. Dr. David Blumenthal
5	Contents	The Biomedical Network Science (BIONETS) lab investigates molecular disease mechanisms using techniques from combinatorial optimization, network science, and artificial intelligence. We also develop privacy-preserving decentralized biomedical AI solutions, which enable cross-institutional studies on sensitive data. Students will work on individual research topics within these field and develop prototypes of software tools to solve the addressed problems.
6	Learning objectives and skills	Students will be able to • develop and implement an algorithm for a problem within the field of biomedical networks science which, in certain respects, improves upon the state-of-the-art, • apply best practices in software development and documentation, • write an academic report.
7	Prerequisites	Strong programming skills in any programming language.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Practical Achievement: Fully functional software prototype submitted as persistent source code repository + written report (4 pages double column) + oral presentation of software prototype.
11	Grading procedure	Variable (100%) Fully functional software prototype submitted as persistent source code repository (40%), written report (40%), oral presentation of software prototype (20%).
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	All relevant research literature will be made available in StudOn.

1	Module name 93111	Rechnerarchitekturen für Deep-Learning Anwendungen Computer architectures for deep-learning applications	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey Dr.-Ing. Marc Reichenbach
5	Contents	Maschinelles Lernen, im speziellen Deep-Learning Netzwerke haben in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Anwendungsfelder umfassen beispielsweise für die Klassifikation von Bildern, das Verstehen von menschlicher Sprache oder die Überwachung von Rechentechnik bzgl. IT-Angriffen. Während die Grundlagen von Deep-Learning (Neuronale Netze) schon über einen langen Zeitraum erforscht wurden, ist eine flächendeckende Anwendung von Deep-Learning Netzwerken erst seit jüngster Zeit möglich, da nun entsprechende leistungsfähige Rechnerarchitekturen zur Verfügung stehen um die aufwendigen Berechnungen durchzuführen. Das genannte Praktikum beschäftigt sich mit der Evaluierung verschiedener Rechnerarchitekturen (mit entsprechenden Architektureigenschaften) bzgl. der performanten Auswertung von Deep-Learning Netzwerken. Dabei werden die Architekturen CPU, GPU und FPGA genauer untersucht und bewertet. Für eine schnelle Auswertung von Deep-Learning Netzwerken spielt Parallelrechentechnik eine wichtige Rolle, deswegen werden unter anderem folgende Fragen im Praktikum genauer beantwortet: • Wie kann ich Multi-Core CPUs effizient nutzen? • Kann ich mit der Verwendung der SIMD-Extensions (SSE, AVX) eine Beschleunigung der Auswertegeschwindigkeit erzielen? • Was sind GPUs und wie kann ich die massive Parallelität für die Auswertung von Deep-Learning Netzwerken nutzen? • Welche Rolle spielen Caches bzw. die Speicherhierarchie eines Rechensystems für die schnelle Auswertung von Deep-Learning Netzwerken? • Wie können FPGAs genutzt werden um Deep-Learning Netzwerke applikationsspezifisch zu implementieren? Für einen einfachen Einstieg wird das Deep-Learning Framework Tensorflow verwendet. Anhand einfacher Beispiele können o.g. Fragen beantwortet werden. Ein größeres Beispiel, gerechnet auf unseren eigenen Servern mit Hardware von AMD, Intel und Nvidia zeigt wie sich reale Anwendungen effizient mit "Customer-Hardware" umsetzen lassen. Hardware in verschiedenen Leistungsklassen (von wenigen Milliwatt bis mehrere Kilowatt) steht dabei zur Verfügung. Die Experimente werden in unserem Parallelrechenlabor durchgeführt. Die Studierenden erhalten eine Einführung in Form von Vorträgen. Hauptbestandteil ist die praktische Arbeit mit genannten

		Rechnerarchitekturen durch effiziente Programmierung mittels C(++), Cuda, OpenCL. Für den erfolgreichen Abschluss des Praktikums ist Kolloquium (ca. 15 Minuten) zu bestehen und ein Bericht (ca. 10 Seiten) anzufertigen.
6	Learning objectives and skills	Verstehen Die Studierenden verstehen die elementaren Grundfunktion neuronaler Netze und wie sich diese auf Hardware abbilden lassen. Die Studierenden lernen die Architekturen CPU, GPU und FPGA kennen, verstehen den internen Aufbau und können die wesentlichen Architektureigenschaften wiedergeben. Analysieren Die Studierenden nutzen CPUs, GPUs und FPGAs für die Auswertung von DL-Netzwerken. Dabei können sie Performancemetriken (Laufzeit, Energieverbrauch) anwenden. Evaluieren Die Studierenden können die Architekturen CPU, GPU und FPGA hinsichtlich ihrer Eignung für die Auswertung von DL-Netzwerken vergleichen.
7	Prerequisites	• Grundlegende Programmierkenntnisse in C • Freude an der Hardware • Detaillierte Kenntnisse in FPGAs, VHDL oder Assembler sind nicht erforderlich • Wissen im Bereich Deep-Learning / Tensorflow ist nicht erforderlich
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 100 h Independent study: 200 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques for Building Intelligent Systems; Aurélien Géron

1	Module name 93141	Angewandtes Software-Engineering-Masterprojekt Applied Software Engineering Master's Project	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Applied Software Engineering Master-Projekt (OSS-PROJ)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Riehle	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	Contents	This module lets students fulfill their degree program's project obligation by performing a project in software engineering and/or open source. We prefer that you use one of our existing courses for your project obligation, but are willing to have you for a one-off topic if none of our courses fit. Project topics should be in the domain of (applied) software engineering and may or may not include open source software as a topic. You can find current seminar / project / thesis topics at https://oss.cs.fau.de/fun; all topics are customizable to your needs (ECTS points). If you find something that interests you, please talk to the respective person listed in the topic description (bottom of document, usually).
6	Learning objectives and skills	- Students learn to program a software component as part of one of our projects - Students learn to work with a lead programmer in a continuous delivery process
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio Method of examination is Portfolio.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) The grade is weighted 100% based on the results of project work. During the semester, students are graded weekly on their efforts and the outcomes of their weekly project assignments. At the end of the semester, the final grade is calculated as the average of the grades collected over the 12 weeks of project work.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 300 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 93142	The AMOS Project (SD Role, PROJ 10 ECTS) The AMOS Project (SD Role, Proj 10 ECTS)	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: The AMOS Project (VL)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Riehle	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	Contents	This course teaches agile methods (Scrum and XP) and open source tools using a single semester-long project. Topics covered are: • Agile methods and related software development processes • Scrum roles, process practices, including product and engineering management • Technical practices like refactoring, continuous integration, and test-driven development • Principles and best practices of open source software development The project is a software development project in which each student team works with an industry partner who provides the idea for the project. This is a practical hands-on experience. Students can play one of two primary roles: • Product owner. In this function, a student defines, prioritizes, communicates, and reviews requirements. The total effort adds up to 5 ECTS. • Software developer. In this function, a student estimates their effort for requirements and implements them. The total effort adds up to 10 ECTS. Students will be organized into teams of 7-8 people, combining product owners with software developers. An industry partner will provide requirements to be worked out in detail by the product owners and to be realized by the software developers. The available projects will be presented in the run-up to the course. Class consists of a 90min lecture followed by a 90min team meeting. Rooms and times for team meetings are assigned at the beginning of the semester. You must be able to regularly participate in the team meetings. If you can't, do not sign up for this course. Students choosing the software developer role must have prior software development experience. Sign-up and further course information are available at https://amos.uni1.de - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible. The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).
6	Learning objectives and skills	• Students learn about software products and software development in an industry context • Students learn about agile methods, in particular, Scrum and Extreme Programming • Students gain practical hands-on experience with a Scrum process and XP technical practices

7	Prerequisites	- For software developer role: OSS-ADAP
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 93164	Project Music and Audio Processing Project music and audio processing	10 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum/Projekt: Project Music and Audio Processing (0 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Meinard Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Meinard Müller
5	Contents	At the International Audio Laboratories Erlangen we offer project topics that are connected to our current research in the field of semantic audio processing with a focus on music analysis, retrieval, and classification applications. Project topics are defined individually. The 10 ECTS project is directed towards students of computer science. Please directly contact Meinard Müller for further details and possible project topics.
6	Learning objectives and skills	The students • familiarize themselves with complex software systems and expand them • learn to develop and implement solutions independently • conduct systematic experiments and evaluate results • document the software they develop
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 2
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (100%) The grade is formed by the quality of the deliverables, weighted according to: • 50% implementation of software to solve the given task; • 25% demonstration of the functionality to the supervisor; • 25% description of the software in the form of a scientific elaboration or as conventional software documentation. The length of the scientific elaboration is a maximum of 10 pages.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 47594	Research Project on Surgical Robotics Research project: Surgical robotics	10 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Research Project on Surgical Robotics (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers		

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	At Surgical Planning and Robotic Cognition (SPARC) Laboratory, we focus on various research projects in the field of minimally invasive surgical robotics, cognitive robot-assisted surgery, and assistance systems for the operating room (e.g., augmented reality). Within this scope, applications and systems are developed, which are often (pre-)clinically tested in collaboration with medical partners in order to enable translation of the technologies into practice. Through this research project, students will gain hands-on experience and insight into the use of computer science and engineering in medical robotics and its applications. Depending on the advertised project, this internship will involve working alone or in teams of 2 to 3 students on a task that addresses current research topics at the SPARC lab. Due to the interdisciplinary nature of the field of medical robotics, research projects with a focus on hardware development as well as those with a focus on software development are offered. Details, as well as required prior knowledge, are noted on the respective project announcements.
6	Learning objectives and skills	Students • are able to solve a practical problem from the field of medical robotics independently. • understand the underlying medical problem/challenge. • gain practical skills in the use of hardware and software in the field of surgical robotic systems and according measurement and control technology. • are able to specify and implement hardware and software required to solve a given problem. • apply basic knowledge to a problem and develop solution strategies. • are able to solve a problem alone or as part of a team • have knowledge of the phases of a project, time, and resource management. • are confident in the use of software development tools, source code management, and documentation. • are able to convey complex technical content in a scientific presentation.
7	Prerequisites	Recommended: basic maths, programming skills, machine learning.
8	Integration in curriculum	semester: 3

9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable In addition to the written report in the style of a scientific publication (4-5 pages), the continuous processing of the project tasks is assessed (coursework).
11	Grading procedure	Variable (100%) Coursework: 85% Written report: 15% both must be passed
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 93190	Fabrication Project	10 ECTS
2	Courses / lectures	Projekt: Fabrication Project	10 ECTS
3	Lecturers	Mathias Harrer Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	This project (M.Sc.-level practical) conveys hands-on experience with computer-aided fabrication, chiefly 3D printing. The target audience are M.Sc. Computer Science students with an interest in Visual Computing, and the module will capitalise on computer science skills. As part of the project, students will work on five consecutive assignments (marked), in groups of 2 or 3 students. All assignments are self-contained, teaching students through hands-on experiences. All assignments will allow students to obtain extra points through creative solutions and original ideas. Especially the final assignment is large "freestyle", where students will show their ability to combine skills learned in this module.
6	Learning objectives and skills	Students will: • understand the working principles of 3D printing, laser cutting, milling • understand the different modelling paradigms (and gaining a rough overview over industry std.) • be able to analyse a fabrication problem and choose the right fabrication technology • ◦ meet certain functional specifications (strength, weight, shape, articulation, surface finish, etc.) ◦ meet the constraints of the fabrication method • hands-on experience with operating a 3D printer • create their own physical artefacts that meet functional and aesthetic requirements
7	Prerequisites	A good grasp of computer graphics.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 180 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

16	Bibliography	None

1	Module name 93161	Interactive Visualization Project Interactive visualization project	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	Scientific computing is an essential building block in many scientific disciplines. Over the past years, the data complexity has increased rapidly in terms of size, dimensionality, and in the number of variables. In this group project, we will interactively visualize such scientific data sets, arising in fields such as climate science, cosmology, oceanology, fluid dynamics and geosciences. Group Project: In teams of 3-4 students, a scientific data set of choice is processed and visualized. Students are free to choose from a given set of data sets, including satellite measurements of volcanic eruptions, salt ensemble simulation, cosmology simulation, asteroid impact simulation, vortex street, weather simulation, ocean eddy simulation, Earth mantle convection, and wildfire simulation. During the first weeks, we develop a demo visualization system together, which will contain basic functionality such as direct and indirect volume rendering, as well as particle tracing. The group projects can be built on top of this demo system. Lecture: The group project is accompanied by a lecture, which covers implementation aspects of the following topics: • introduction to VTK and the programming framework (C++), • volume visualization (ray marching and marching cubes), • differential multi-variate calculus (scalar and vector fields, discretization), • numerical integration of particle trajectories (explicit integration schemes), • shader programming (for direct volume rendering), • image-based flow visualization (line integral convolutions), • vector field topology (critical point extraction and classification), • parallel vectors operator (feature definitions and numerical extraction), • vortex extraction (region-based and line-based techniques), • Lagrangian coherent structures (finite-time Lyapunov exponents), • reference frames (transformation and optimization)
6	Learning objectives and skills	Students are able to: • implement interactive visualization algorithms • analyze the features in the scientific data set

		• present their progress and results orally • write a report on their data analysis
7	Prerequisites	• Required: Algorithmen und Datenstrukturen • Recommended to attend before or in the same semester: Scientific Visualization (formerly Applied Visualization)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 47629	Neurotechnology Project Project: Neurotechnology	10 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Neurotechnology Project (8 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tobias Reichenbach
5	Contents	Projekte im Bereich der künstlichen neuronalen Netzwerke, der Brain-Machine Interfaces (BCIs) und der neuronalen Prothesen. --- Projects in the field of artificial neural networks, brain-machine interfaces (BCIs) and neural prostheses.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden... - Können Prinzipien der Analyse neuronaler Signale benutzen - Können Informationstheorie zur Beschreibung neuronaler Aktivität anwenden - Können die Dynamik einzelner Neurone wie auch von neuronalen Netzwerken mathematisch beschreiben - Können Ansätze zur Konstruktion von Brain-Machine Interfaces (BCIs) implementieren - Können Konzepte zum Design neuronaler Prothesen anwenden --- The students... - can use principles of analysis of neural signals. - can apply information theory to describe neuronal activity. - can describe the dynamics of individual neurons as well as of neural networks mathematically. - can implement approaches to the construction of Brain-Machine Interfaces (BCIs). - can apply concepts to the design of neural prostheses.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211

		This module can be used as a combination of M6.1 (Academic Lab) and M6.2 (Research Lab) in the Master's program Medical Engineering.
10	Method of examination	Practical achievement Schriftlicher Bericht (50%) mündlicher Bericht (50%)
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 300 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	Dayan, Peter, and Laurence F. Abbott. <i>Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems</i>. Computational Neuroscience Series, 2001. Gerstner, Wulfram, et al. <i>Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition</i>. Cambridge University Press, 2014. Oweiss, Karim G., ed. <i>Statistical signal processing for neuroscience and neurotechnology</i>. Academic Press, 2010. Maurits, Natasha. <i>From neurology to methodology and back: an introduction to clinical neuroengineering</i>. Springer Science & Business Media, 2011. Clément, Claude. <i>Brain-Computer Interface Technologies</i>. Springer International Publishing, 2019. DiLorenzo, Daniel J., and Joseph D. Bronzino, eds. <i>Neuroengineering</i>. CRC Press, 2007.

1	Module name 93823	Computer Graphics Project Computer graphics project	10 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik: • Graphik Pipeline • Clipping • 3D Transformationen • Hierarchische Display Strukturen • Perspektive und Projektionen • Visibilitätsbetrachtungen • Rastergraphik und Scankonvertierung • Farbmodelle • Lokale und globale Beleuchtungsmodelle • Schattierungsverfahren • Ray Tracing und Radiosity • Schatten und Texturen Contents: This lecture covers the following aspects of Computer Graphics: • graphics pipeline • clipping • 3D transformations • hierarchical display structures • perspective transformations and projections • visibility determination • raster graphics and scan conversion • color models • local and global illumination models • shading models • ray tracing and radiosity • shadows and textures
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die unterschiedlichen Schritte der Graphik Pipeline wieder • erklären die Funktionsweise der Clippingalgorithmen für Linien und Polygone • beschreiben, charakterisieren und berechnen affine und perspektivische Transformationen in 3D und veranschaulichen die allgemeine Form der Transformationsmatrix in homogener Koordinaten • skizzieren die Verfahren zur Tiefe- und Visibilitätsberechnung • vergleichen die unterschiedlichen Farbmodelle der Computergraphik

		• illustrieren und untersuchen die Datenstrukturen zur Beschreibung virtueller 3D Modelle und komplexer Szenen • erläutern die Funktionsweise der Rasterisierung und Scankonvertierung in der Graphikpipeline • lösen Aufgaben zu Beleuchtung und Texturierung von 3D virtuellen Modellen • klassifizieren Schattierungsverfahren • bestimmen den Unterschied zwischen lokaler und globaler Beleuchtung und formulieren Algorithmen für Ray Tracing und Radiosity *Educational objectives and skills:* Students should be able to • describe the processing steps in the graphics pipeline • explain clipping algorithms for lines and polygons • explain, characterize and compute affine and perspective transformations in 2D and 3D, and provide an intuitive description of the general form of corresponding transformation matrices in homogeneous coordinates • depict techniques to compute depth, occlusion and visibility • compare the different color models • describe data structures to represent 3D virtual models and complex scenes • explain the algorithms for rasterization and scan conversion • solve problems with shading and texturing of 3D virtual models • classify different shadowing techniques • explain the difference between local and global illumination techniques and formulate algorithms for ray tracing and radiosity
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement mind. 4 Seiten Ausarbeitung, 15 Min. Vortrag, praktische Arbeit
11	Grading procedure	Practical achievement (100%) Die Note ergibt sich aus der Ausarbeitung (40%), der Präsentation (20%) und der praktischen Arbeit (40%).
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• P. Shirley: Fundamentals of Computer Graphics. AK Peters Ltd., 2002

	• Hearn, M. P. Baker: Computer Graphics with OpenGLD. Pearson • Foley, van Dam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice • Rauber: Algorithmen der Computergraphik • Bungartz, Griebel, Zenger: Einführung in die Computergraphik • Encarnaç�o, Strasser, Klein: Computer Graphics

1	Module name 96980	Generative Materials Project Generative materials project	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Muhammad Sohail Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	• introduction to Physically-Based Material Modeling and Material Capture. • hands-on activity to capture, fit and render the Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF) of isotropic materials. • introduction to Deep Generative Methods, such as Variational Auto Encoders (VAE's), Generative Adversarial Networks (GANs) and Diffusion Models for Inverse Material Rendering. • exploration of strengths/weaknesses of generative methods for SV-BRDF estimation from single/multiple images.
6	Learning objectives and skills	Students will be able to: • apply physically-based models for material appearance in computer graphics. • perform basic appearance acquisition tasks • use publicly available materials dataset for research project. • employ advanced deep generative methods for inverse material rendering. • evaluate generative methods for inverse material rendering. • independently apply the acquired expertise in deep learning and computer graphics to address scientific questions. • categorize their scientific results according to given instructions and articulate them accurately in written form, adhering to linguistic conventions. • present their findings and the scientific context of their projects in visually appealing presentations along with a working demo and a written report.
7	Prerequisites	Students are expected to have some background in neural networks and rendering/computer graphics.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement • 1 practical exercise • 3 oral presentations • 2 written deliverables
11	Grading procedure	Practical achievement (100%) • practical exercise: 20%

		• oral presentations: 65% • written deliverables: 15%
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 210–270 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Deschaintre, V., Aittala, M., Durand, F., Drettakis, G., & Bousseau, A. (2018). Single-image svbrdf capture with a rendering-aware deep network. <i>ACM Transactions on Graphics (ToG)</i>, 37(4), 1-15. • Gao, D., Li, X., Dong, Y., Peers, P., Xu, K., & Tong, X. (2019). Deep inverse rendering for high-resolution SVBRDF estimation from an arbitrary number of images. <i>ACM Trans. Graph.</i>, 38(4), 134-1. • Guo, Y., Smith, C., Hašan, M., Sunkavalli, K., & Zhao, S. (2020). MaterialGAN: Reflectance capture using a generative SVBRDF model. <i>arXiv preprint arXiv:2010.00114</i>. • Vecchio, G., Palazzo, S., & Spampinato, C. (2021). Surfacenet: Adversarial svbrdf estimation from a single image. In <i>Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision</i> (pp. 12840-12848). • Sartor, S., & Peers, P. (2023, December). Matfusion: a generative diffusion model for svbrdf capture. In <i>SIGGRAPH Asia 2023 Conference Papers</i> (pp. 1-10). • Zhou, X., Hasan, M., Deschaintre, V., Guerrero, P., Hold-Geoffroy, Y., Sunkavalli, K., & Kalantari, N. K. (2023, July). Photomat: A material generator learned from single flash photos. In <i>ACM SIGGRAPH 2023 Conference Proceedings</i> (pp. 1-11).

1	Module name 96843	Reproduce Research Results Reproduce research results	10 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Reproduce Research Results Lecture and Exercises (SoSe 2025)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Linda-Sophie Schneider	
5	Contents	Students will reproduce state-of-the-art scientific results which has two core goals: students can pursue a project close to the state-of-the-art and learn several competencies necessary to reproduce and question scientific results. The projects can method- and application-wise be closely adapted to the students' interests, while the task and grading will be set globally. The outcome of this project series further yields a contribution to the scientific community, which is a report of the state of reproducibility in the field. The project seminar will start with a series of lectures. Students then will first evaluate publications from major conferences in the field regarding their reproducibility to collect comprehensive information and to get an initial understanding of the challenges ahead. To narrow down the topic, we typically focus on a top international conference, e.g. CVPR and MICCAI. Conferences of focus might change on a semester basis and will be announced at the beginning of the semester. Students will be able to choose a varying degree of reproduction, from simple attempts to reproduce a single result from a paper to full implementation of a paper. Depending on the chosen task students will investigate one or multiple papers. Students will provide feedback to their peers and exchange in a peer group, the reproduction and all deliverables are individual works (no submission groups).	
6	Learning objectives and skills	• Develop Critical Research Skills, in Particular Reproduction of Scientific Results. • Ability to Evaluate Research Quality critically • Give and Receive Constructive Feedback from Peers • Enhance Technical Proficiency in Implementation and Code Execution • Foster Collaboration and Scientific Communication Skills • Build Ethical Awareness and Responsibility	
7	Prerequisites	Basic knowledge in Computer Vision, Medical Imaging, Machine Learning is strongly recommended. Coding and debugging skills are essential.	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211 Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement The examination will happen in several exercise parts - An initial exercise - A report on the reproduction effort - Feedback to peers - An in-person explanation of the report in a Q&A style For grading, we request the written exercise and report (5 pages each, JMLR style), as well as an in-person code explanation (15 min)
11	Grading procedure	Practical achievement (100%) Written exercise (20%), feedback to peers (10%), report (20%), oral examination for in-person code explanation (50%)
12	Module frequency	Every semester Winter semester 60 students Summer semester 20 students
13	Workload in clock hours	Contact hours: 40 h (contact hours in SWS x 15 per semester) Independent study: 260 h (ECTS credits x 30 - contact hours)
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

1	Module name 93063	Visual Computing Project	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Practical achievement
11	Grading procedure	Practical achievement (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

Minor subject: Japanese studies

1	Module name 73402	Japanisch 1 Japanese 1	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Tazuko Takebayashi
5	Contents	Das Modul führt Studienanfänger in die japanische Sprache ein, vermittelt einen Grundwortschatz und Basiskenntnisse der Grammatik. Der Inhalt setzt sich aus drei Teilen zusammen: A) "Grammatik" (Einführung und Strukturübungen) B) "Lesen und Schreiben" (Schriftkompetenzen) C) "Sprachaktivierung" (Vertiefung und Anwendung).
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • werden mit den grundlegenden grammatikalischen Strukturen und dem Wortschatz der japanischen Gegenwartssprache vertraut gemacht; • sollen zu einer linguistischen, soziolinguistischen und pragmatischen Kompetenz durch struktur- und praxisorientierte Übungen befähigt werden; • werden in die Lage versetzt, Sätze und häufig gebrauchte Ausdrücke sowohl mündlich als auch schriftlich zu verstehen, die mit dem unmittelbaren Lernfeld zusammenhängen (z. B. Informationen zu Person und Familie, Arbeit, u. ä.); • werden in die Lage versetzt, mit einfachen kommunikativen Mitteln die eigene Herkunft, Tätigkeiten und Erfahrungen in Wort und Schrift zu beschreiben.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Japanologie für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211 Pflichtmodul für Japanologie als 1. und 2. Fach
10	Method of examination	Oral (15 minutes) Written examination (90 minutes) Klausur 90 min Mündliche Prüfung 15 min
11	Grading procedure	Oral (20%) Written examination (80%) Klausur 80 % Mündliche Prüfung 20 %
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	<i>GENKI I (3rd Ed.) Main textbook</i>, The Japan Times, 2020; <i>GENKI I (3rd Ed.) Workbook</i>, The Japan Times, 2020; weitere Materialien werden von den Dozierenden bereit gestellt

Advanced seminar

1	Module name 93202	Seminar Neuroscience-inspired Artificial Intelligence Seminar: Neuroscience-inspired artificial intelligence	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	PD Dr. habil. Patrick Krauß Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Dr. Achim Schilling Fabian Wagner
5	Contents	Neuroscience has played a key role in the history of artificial intelligence (AI), and has been an inspiration for building human-like AI, i.e. to design AI systems that emulate human intelligence. Furthermore, transferring design and processing principles from biology to computer science promises novel solutions for contemporary challenges in the field of machine learning. This research direction is called neuroscience-inspired artificial intelligence. In addition, neuroscience provides a vast number of methods to decipher the representational and computational principles of biological neural networks, which can in turn be used to understand artificial neural networks and help to solve the so-called black box problem. This endeavor is called neuroscience 2.0 or machine behavior. Finally, the idea of combining artificial intelligence, in particular deep learning, and computational modelling with neuroscience and cognitive science has recently gained popularity, leading to a new research paradigm for which the term cognitive computational neuroscience has been coined. There is increasing evidence that, even though artificial neural networks lack biological plausibility, they are nevertheless well suited for modelling brain function.
6	Learning objectives and skills	By completing the seminar, students: - can explain the concept of neuroscience-inspired artificial intelligence - can understand cutting edge research at the intersection of AI and neuroscience.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)

14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 43388	Seminar Inverse Rendering Seminar: Inverse rendering	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Inverse Rendering (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Marc Stamminger Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	This seminar covers advanced topics in computer graphics and computer vision and includes both ground-breaking and recent research publications. Topics include inverse rendering, appearance, surface reflectance, and computer graphics in general. The seminar offers the participants the chance to get an overview of many topics in computer graphics and at the same time to delve into a topic of their own choice. During the semester, participants are free to gain practical experience, e.g. by reimplementing, testing published code, or searching for similar or related implementations. This is not mandatory, but it is highly recommended to get a feel for whether the topic is interesting for future theses or career paths. *Assessment*: Each seminar participant selects one of the publications presented in the first session and presents its content in a 30-minute talk during the semester (plus 10-minute Q&A session). Presentations will begin approximately 3-4 weeks after the start of the semester. The presentation will count for 70% of the final grade. Furthermore, a written paper on the selected publication will be submitted by the last seminar date, which will count for 30% of the grade. The presentation and the written paper can be written in German or English. There is no strict page limit for the written paper, although a length of 5-15 pages is usual. According to the template, the following aspects are to be considered: Introduction/motivation, scientific classification, methodology, results, discussion and summary. The presentations will be grouped thematically. Therefore, the presentation date cannot be freely chosen. In summary, the overall grade is composed of: • Lecture (70%) • Written elaboration (30%) An essential part in the evaluation of the lecture is the subsequent discussion. In order to generate more questions, all participants are encouraged to read all publications prior to each presentation, write a summary, and think of at least one question. The summary and question can be submitted and graded. If 80% of the points are achieved in the course of the semester, the overall grade will be increased by 0.3 or 0.4 grade points. The submission of the summary and question will be in English and is optional. *Note:* Attendance is mandatory for this seminar, with a maximum of three absences allowed. Exceptions will be made for medical reasons or other special occurrences, provided they have been agreed upon prior to the appointment.

6	Learning objectives and skills	• Present current research problems in computer graphics and computer vision • Literature research • Correct citation • Grasping the content of scientific texts • Improving presentation and argumentation skills • Practicing the writing of scientific texts
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 47612	Tracking Olympiad	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Tracking Olympiad (4 SWS) Attendance is required throughout the seminar.	5 ECTS
3	Lecturers	René Groh Luisa Neubig Prof. Dr. Andreas Kist	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Kist
5	Contents	Computer vision is one of the major tasks and applications of artificial intelligence (AI). Gaining hands-on experience is therefore of great importance for future AI developers. In the Tracking Olympiad, students utilize latest object detection and tracking algorithms to track a freely, randomly moving object ("HexBug) in a given arena. The students will be provided with a set of videos that contain the ground-truth positional information and implement an own tracking technique. At the beginning of the seminar, all students are divided into teams which compete with each other to find the best strategy for tracking the HexBug. The teams tracking prediction needs to be an algorithm that incorporates each students tracking algorithm. The teams score will be evaluated by applying the teams tracking algorithm to previously unseen/withheld videos. Further, the team acquires and annotates own data to improve their tracking algorithms. Each team selects videos that are tested by the other teams algorithm and are subsequently ranked similar to a soccer league table. The aim of this seminar is to enable each student developing an own AI-powered tracking algorithm that is an integral part of a team solution. The Tracking Olympiad consists of two sessions in a given week, one with a journal club explaining AI tracking concepts by students and one for open Q&A depending on the individual students progress with voluntary developmental time.
6	Learning objectives and skills	Students • will be able to create own code • are able to create acquire and annotate own data • can document their code • will strengthen their team skills • can develop tracking algorithms • will learn about latest AI methods • can present complex topics • can extract relevant information from journal papers
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement The seminar requires a presentation of a contemporary computer vision paper with implementing/using the published code on the seminar's dataset for each student. The student is required to create a tracking

		algorithm. The algorithmic details will be presented by the student in a written report (10-15 pages, JMLR style).
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) The grade is the arithmetic mean of the talk (50%) and the written report (50%).
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• Burger and Burge, Principles of Digital Image Processing (all volumes) • Howes and Minichino, Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3 • Sebastian Raschka, Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2 • Aurélien Géron, Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow • Pereira et al., Quantifying behaviour to understand the brain, Nat Neurosci 2020

1	Module name 47613	Catching your eyes: AI-driven modeling and analysis of eye-tracking data	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Catching your eyes: AI-driven modeling and analysis of eye-tracking data (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Dario Zanca	

4	Module coordinator	Dr. Dario Zanca
5	Contents	Contents Seeing is a complex activity. Humans perform eye movements to actively seek for useful information, while regulating pupil size to control the amount of light to be captured. Eye-tracking can be used to record the eyes activity. It is a powerful tool to study human gaze behavior and it can be used to assess the health condition of individuals. The aim of this seminar is to become familiar with eye-tracking data and their use in different domains, from neuroscience and artificial intelligence (to understand and simulate human attention), to medicine and psychology (to identify eye-tracking based biomarkers). Different methods will be introduced and compared. Students will study on state-of-the-art papers and present the details of the chosen topic described in the papers. Alternatively, the student may work on experimental task and present the result of applying state of the art methods.
6	Learning objectives and skills	After completing the module, students will - be able to describe an eye-tracking experimental setup and how to work with eye-tracking data. - be able to explain the common eye-tracking data analysis techniques. - be able to explain the state-of-the-art saliency and scanpath models to predict human visual attention.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211 No prerequisites for this course.
10	Method of examination	Seminar achievement The evaluation includes three presentations of around 10 minutes each, on three different scientific papers. In addition, a cumulative report of approximately 10 pages.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) 50% presentations 50% written report
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

16	Bibliography	Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. <i>IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence</i>, 20(11), 1254-1259. Borji, A., & Itti, L. (2012). State-of-the-art in visual attention modeling. <i>IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence</i>, 35(1), 185-207. Judd, T., Ehinger, K., Durand, F., & Torralba, A. (2009, September). Learning to predict where humans look. In <i>2009 IEEE 12th international conference on computer vision</i> (pp. 2106-2113). IEEE. Zanca, D., & Gori, M. (2017, December). Variational laws of visual attention for dynamic scenes. In <i>Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems</i> (pp. 3826-3835). Zanca, D., Melacci, S., & Gori, M. (2019). Gravitational laws of focus of attention. <i>IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence</i>, 42(12), 2983-2995. Zanca, D., Gori, M., Melacci, S., & Rufa, A. (2020). Gravitational models explain shifts on human visual attention. <i>Scientific Reports</i>, 10(1), 1-9. Bellet, M. E., Bellet, J., Nienborg, H., Hafed, Z. M., & Berens, P. (2019). Human-level saccade detection performance using deep neural networks. <i>Journal of neurophysiology</i>, 121(2), 646-661. Piu, P., Serchi, V., Rosini, F., & Rufa, A. (2019). A cross-recurrence analysis of the pupil size fluctuations in steady scotopic conditions. <i>Frontiers in neuroscience</i>, 13, 407. Zénon, A. (2017). Time-domain analysis for extracting fast-paced pupil responses. <i>Scientific reports</i>, 7(1), 1-10. Bargagli, A., Fontanelli, E., Zanca, D., Castelli, I., Rosini, F., Maddii, S., ... & Rufa, A. (2020). Neurophthalmologic and Orthoptic Ambulatory Assessments Reveal Ocular and Visual Changes in Patients With Early Alzheimer and Parkinson's Disease. <i>Frontiers in Neurology</i>, 11.

1	Module name 47643	Seminar Advanced Algorithms in Medical Image Processing Seminar: Advanced algorithms in medical image processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	Deep Learning-based algorithms showed great performance in many fields of image processing and pattern recognition and compete with technologies such as compressive sensing and iterative optimization. The basis for the success of these algorithms is the availability of large amounts of data (big data) for training and of high computing power (typically GPUs). In this seminar, we try to explore advanced deep learning methods. In particular, we will aim to develop a deeper understanding of certain topics, for example, graph neural networks, unsupervised learning, differentiable learning, invertible learning, neural ordinary differential equations, transfer learning, multi-task learning, uncertainty DL, etc.
6	Learning objectives and skills	Students will be able to • perform their own literature research on a given subject • independently research this subject • present and introduce the subject to their student peers • give a scientific talk in English according to international conference standards
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 47656	Legged Locomotion of Robots (LLR) Legged locomotion of robots (LLR)	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Legged Locomotion of Robots (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Anne Koelewijn	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Anne Koelewijn
5	Contents	Legged robotics help researchers understand human and animal locomotion. Furthermore, legged robots have many different applications, for example to aid in dangerous environments and in rehabilitation. Active prosthetics and exoskeletons improve gait of people with a disability, like a spinal cord injury or an amputation. The goal of this seminar is to become familiar with different algorithms and analysis methods that are used for legged robotics. Important concepts here are the energetics and the stability. Robots should be energy efficient, in the case of an exoskeleton to not lose battery power for a day. Obviously, stability is important to avoid falls. Each student will perform a literature review of a specific concept related to robot locomotion. The concepts can be chosen from a list, or the student can propose their own topic. Students can choose to perform an extra assignment to receive an additional 2.5 ECTS. The assignment will require the student to implement the chosen concept in simulation or in practice.
6	Learning objectives and skills	• Familiarize with different concepts that are used in control and analysis of robot locomotion • Understand the theoretical background of concepts of robot locomotion • Differentiate between different types of robots • Understand the stability and energetics in robot locomotion
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 47673	Network medicine	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. David Blumenthal
5	Contents	Network medicine is an emerging research field which leverages techniques from molecular biology, bioinformatics, combinatorial optimization, and artificial intelligence to uncover potential disease mechanisms and candidates for causally effective treatments in heterogeneous molecular networks. In this seminar, students will dive into selected hot topics in network medicine.
6	Learning objectives and skills	Students will • be able to explain hot topics in the field of network medicine, • be able to identify, understand, and contextualize relevant research literature, • be able to give a presentation for a scientific audience, • be able to write an academic report.
7	Prerequisites	Some prior knowledge in graph theory and/or network science is recommended.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Written mini-survey (4 pages double column) + oral presentation of mini-survey (20 min + 10 min Q & A) + lead of discussion following oral presentation of another seminar participant (10 min).
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Written mini-survey (40%), oral presentation of mini-survey (40%), lead of discussion following oral presentation of another seminar participant (20%).
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	All relevant literature will be made available in StudOn. For background reading, students can consult the following textbook: • Loscalzo, Joseph, Albert-László Barabási, and Edwin K. Silverman (eds.): Network Medicine: Complex Systems in Human Disease and Therapeutics. Harvard University Press, 2017.

1	Module name 93113	Seminar Humans in the Loop: The Design of Interactive AI Systems Seminar: Humans in the loop: The design of interactive AI systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Kainz
5	Contents	This is a joint seminar between Prof. Kainz (FAU Erlangen-Nuremberg) and Prof. Ledig (University of Bamberg). The seminar will take place at Bamberg Campus and FAU Campus. Initial topic selection and pitch presentation will take place in Bamberg. Final topic presentations will take place in Erlangen. Human-in-the-Loop Machine Learning describes processes in which humans and Machine Learning algorithms interact to solve one or more of the following: - Making Machine Learning more accurate - Getting Machine Learning to the desired accuracy faster - Making humans more accurate - Making humans more efficient Aim of this seminar is to give students insights about state-of-the-art Active Learning and interactive data analysis methods. Students will work independently on specific topics including implementation and analytical components alongside lectures delivered by the course lead, guest lectures and flipped classroom sessions, where students explore a topic independently, which is then discussed in class. Several potential topics will be provided but students are also encouraged to propose their own topics (after discussion with course lead). Topics covered will include but are not limited to: Introduction to Human-in-the-Loop Machine Learning • Active Learning Strategies: • Uncertainty Sampling • Diversity Sampling • Other Strategies Annotating Data for Machine Learning • Who are the right people to annotate your data? • Quality control for data annotation • User interfaces for data annotation Transfer Learning and Pre-Trained Models • What are Embeddings? • What is Transfer Learning? Adaptive Learning • Machine-Learning for aiding human annotation • Advanced Human-in-the-Loop Machine Learning

6	Learning objectives and skills	You will learn about the potential as well as current challenges when building and translating AI systems into real world applications. The focus of the seminar will be biased towards approaches based on computer vision algorithms and medical image processing. Specifically, you will learn about the state of the art in the context of selected applications. You will also get the opportunity to learn about negative examples of AI systems that failed to deliver on promises, regulatory constraints, patient privacy and data management. The seminar will allow you, based on your interest, to focus on a wide spectrum of aspects ranging from recently published technical solutions to the state of affairs on the policy level. Learning objectives are: • In-depth knowledge of human-in-the-loop machine learning, including deeper insight into current research. • A capability to work independently on application-driven projects. • To use a holistic view to critically, independently and creatively identify, formulate and deal with complex issues. • To follow a scientific approach, formulating hypotheses, validation through experimentation and statistical analysis. • To plan and use adequate methods to conduct qualified tasks in given frameworks and to evaluate this work. • To create, analyse and critically evaluate different technical/ architectural solutions. • To integrate knowledge critically and systematically. • To clearly present and discuss the conclusions as well as the knowledge and arguments that • form the basis for these findings in written and spoken English. • A consciousness of the ethical aspects of research and development work.
7	Prerequisites	Prerequisites recommended: Deep Learning ML Prof. Dr. Andreas Maier 2+2 5 x E Pattern Recognition ML Prof. Dr. Andreas Maier 3+1+2 5 x E Maschinelles Lernen für Zeitreihen ML Prof. Eskofier, Prof. Oliver Amft, Dr. Ch. Mutschler 2+2+2 7.5 x E
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement We will meet in the beginning of the semester to discuss possible work areas and assign concrete topics to each participant. Participants will be provided pointers to literature, and then be expected to independently familiarize themselves with the assigned topic. Participants will then: • present an initial 3-minute pitch about their topic early during the term after topic selection

		• present your topic as a 20-minute presentation at the end of the term • submit a written report of approximately 8-10 pages. The seminar will be held in English including presentations and the written report. The long presentations will be conducted as a block seminar towards the end of the semester. The weekly hours mentioned in the module description are an optional time slot to get support, guidance and feedback on the participants' topics (as required).
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	A specific reading list will be established at the beginning of each term, general literature is listed below: Quinn J, McEachen J, Fullan M, Gardner M, Drummy M. Dive into deep learning: Tools for engagement. Corwin Press; 2019 Jul 15. https://d2l.ai/ Goodfellow I, Bengio Y, Courville A, Bengio Y. Deep learning. Cambridge: MIT press; 2016 Nov 18. https://www.deeplearningbook.org/ Budd S, Robinson EC, Kainz B. A survey on active learning and human-in-the-loop deep learning for medical image analysis. arXiv preprint arXiv:1910.02923. 2019 Oct 7. https://arxiv.org/abs/1910.02923

1	Module name 93126	Automaten über unendlichen Wörtern Automatons over infinite words	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module! Es besteht keine Anwesenheitspflicht; regelmäßige aktive Teilnahme wird aber erwartet.	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	Contents	• Büchi-, Street- und Muller-Automaten • Unendliche Spiele und Determiniertheit • Determinisierung, Safra/Piterman-Konstruktion • Komplementierung • Alternierung • Baumautomaten • Modaler μ-Kalkül • Monadic Second Order Logic
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate der Theorie der unendlichen Spiele und Automaten über unendlichen Strukturen wieder. Verstehen Die Studierenden erläutern grundlegende algorithmische Verfahren für Automaten und Spiele. Anwenden Die Studierenden teilen Automaten- und Spielbegriffe hinsichtlich ihrer Komplexität und ihrer Ausdrucksstärke ein. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.
7	Prerequisites	Das Seminar setzt Kenntnisse in Automatentheorie voraus.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Die Prüfungsleistung besteht in einer Ausarbeitung und einem 90-minütigen erfolgreichen Vortrag.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english

16	Bibliography	Erich Grädel, Wolfgang Thomas, Thomas Wilke: Automata, Logics, and Infinite Games: A Guide to Current Research. Lecture Notes in Computer Science 2500, Springer, 2002. Nir Piterman: From Nondeterministic Büchi and Streett Automata to Deterministic Parity Automata. Logical Methods in Computer Science 3(3) (2007) Oliver Friedmann, Martin Lange: The Modal μ-Calculus Caught Off Guard. TABLEAUX 2011: 149-163 Damian Niwinski, Igor Walukiewicz: Games for the μ-Calculus. Theor. Comput. Sci. 163: 99-116 (1996)

1	Module name 93138	Big Data Seminar Big Data seminar	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	Contents	• Spannende Inhalte des Forschungsfeldes Big Data • Selbstständige Einarbeitung in führende Technologien • Industriegetriebene wissenschaftliche Fragestellungen • Eigene Themenvorschläge ebenfalls gerne willkommen!
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden: • arbeiten mit wissenschaftlicher Literatur; • vereinheitlichen unterschiedliche Begriffsbildungen; • fassen ihre Exzerpte in einem Vortrag zusammen; • formulieren eine kurze Zusammenfassung des Vortrags (Extended Abstract); • vertreten ihre Auffassung in einer Diskussion.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement • Seminaarausarbeitung (ca. 10 Seiten) • Vortrag (ca. 30 Min. Präsentation, zzgl. 15 Minuten Fragen/ Diskussion)
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Die Bewertung der Prüfungsleistung setzt sich zu je 50% aus der Seminaarausarbeitung und dem Vortrag zusammen.
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 93154	Seminar Computer Vision Seminar: Computer vision	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 93166	Philosophy of AI	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Dr. Jon Leefmann
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 47685	Advanced machine learning for anomaly detection	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Advanced Machine Learning for Anomaly Detection (2 SWS) yes for intro sessions and the presentation sessions	5 ECTS
3	Lecturers	Johanna Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Kainz
5	Contents	Anomaly and out-of-distribution detection is becoming an important new paradigm in machine learning. We will discuss recent approaches in the area and critically analyse research papers. Syllabus This is a journal club style seminar about recent research results. Students will present different state-of-the-art anomaly detection approaches in various domains and are expected to join the weekly discussion round. Human-in-the-Loop Machine Learning describes processes in which humans and Machine Learning algorithms interact to solve one or more of the following: Making Machine Learning more accurate Getting Machine Learning to the desired accuracy faster Making humans more accurate Making humans more efficient Aim of this seminar is to give students insights about state-of-the-art Active Learning and interactive data analysis methods. Students will work independently on specific topics including implementation and analytical components alongside student-led lectures delivered by guest lectures and flipped classroom sessions, where students explore a topic independently, which is then discussed in class. Several potential topics will be provided but students are also encouraged to propose their own topics (after discussion with course lead). Topics covered will include but are not limited to: • generative model • self-supervised methods • deep representation learning • self-organising systems • Active Learning Strategies • Uncertainty Sampling • Diversity Sampling • Annotating Data for Machine Learning • Who are the right people to annotate your data? • Quality control for data annotation • User interfaces for data annotation • Transfer Learning and Pre-Trained Models • What are Embeddings? • What is Transfer Learning? • Adaptive Learning • Machine-Learning for aiding human annotation

		Advanced Human-in-the-Loop Machine Learning
6	Learning objectives and skills	Students will be able to - perform their own literature research on a given subject - independently research this subject - present and introduce the subject to their student peers - give a scientific talk in English according to international conference standards
7	Prerequisites	You should have very solid programming skills and have knowlege in machine learning, deep learning and computer vision methods.
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Seminarleistung - Presentation and Q&A (20 min) 1 Page protocol about experiments/code extensions
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Seminarleistung (100%) 80% of grade: Presentation and Q&A (20 min) 20% of grade: 1 Page protocol about experiments/code extensions
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 47619	Seminar Machine Learning in MRI Seminar: Machine learning in MRI	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Machine Learning in MRI (4 SWS, SoSe 2025) Attendance is compulsory for the mid-term presentations.	5 ECTS
3	Lecturers	Erik Götsche Vanya Saksena	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Florian Knoll
5	Contents	We will cover recent machine learning developments in the areas of Magnetic Resonance (MR) data acquisition, image generation, image analysis and image interpretation. We will go over papers from leading international journals and conferences. Students can either suggest their own topics/papers or select from a range of papers presented by the lecturers. Each student will then study the assigned papers, discuss them with the lectures and at the end of the semester give a presentation about the key findings.
6	Learning objectives and skills	After completing this course, students will be able to: - critically read and understand a scientific paper in the fields of medical imaging and machine learning. - present a complex topic in their own words to their peers.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Presentation (20 Minutes + 10 Minutes discussion) Written report (5-7 pages)
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Presentation and discussion 50%, Report 50%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 47599	Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Hannah Braun Silvana Miranda Montenegro Prof. Dr. Claudio Castellini	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Claudio Castellini
5	Contents	In this module, students will analyse, present and discuss issues and topics concerning the usage of biological signals in rehabilitation and assistive robotics, including the correct placement and use of the associated sensors, the techniques to condition the signals, sensor fusion, feature extraction and the usage of machine learning applied to such kind of signals. Besides reflecting on contemporary literature, the students are asked to draw own conclusions and suggest directions for future research.
6	Learning objectives and skills	On successful completion of the module, students will be familiar with sensors and signals used in rehabilitation and assistive robotics, both theoretically and practically. They will also be able to deduce potential new research lines from recent developments. In addition, students will learn and apply the fundamentals of scientific methods such as the organisation of scientific literature, correct citation, and the use of digital aids.
7	Prerequisites	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement In this module, students carry out their own research on a chosen topic in the context of the overall seminar topic. Students are required to write a report in the style of a scientific review article and hold a presentation. The length of the report and the sources included naturally depend on the topic. In general, however, a length of 8-10 pages and 15 scientific sources can be seen as a general guideline. The presentation should last 15-20 minutes, with a further 10 minutes reserved for questions to the student. In addition, students can take part in a "speed journal club" at the beginning of the seminar, in which each student presents a paper related to their research. Participation in the "Speed Journal Club" is voluntary and ungraded.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) The grade for the seminar is composed of the grade for the report and the grade for the presentation. The grade for the report is weighted at 60% and the grade for the presentation at 40%.

12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	• [2002] Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal, M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario. • [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović. • [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener

1	Module name 96970	Seminar Visual Computing Seminar: Visual computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	This seminar covers advanced topics in visual computing, including both seminal research papers, as well as the latest research results. The seminar provides an opportunity to obtain a comprehensive overview of research questions in visual computing, as well as allows students to dive deeper into a chosen topic. Each student presents one scientific publication and explains its content to fellow students taking the course. Thereby, students practice their argumentation and presentation skills. For each paper, a supervisor is provided, who answers questions and gives pointers on the presentation slide design. The seminar is concluded with a short written report. The main topics include: • human performance capture (faces, eyes, speech), • animation (motion controllers, speech synthesis, shape modelling) • fabrication (caustic design, robot design), • appearance modelling (subsurface scattering), • Monte Carlo rendering (importance sampling, participating media), • differentiable rendering (neural rendering, inverse rendering), • denoising (non-local means and deep learning), • physics simulation (fluid simulation) The seminar contains the paper presentations by the students and introductory lectures on scientific dissemination. Grading Each student presents a paper, which is selected from a set of papers in the first session. The presentation duration is 30 minutes with an additional 10 minutes for questions. Presentations begin approximately 3-4 weeks after the start of the semester. The presentation contributes to 70% of the final grade. A written report with a duration of 5-10 pages constitutes the remaining 30%, for which a LaTeX template is provided. The presentation time slots are grouped by topic and cannot be chosen. An important aspect of the grading is the subsequent discussion. To spur discussions, students are encouraged to write a brief abstract about each paper, which can be uploaded on StudOn before the presentation. The voluntary abstracts are graded and if more than 80% of the available points are reached the final grade is improved by 0.3 or 0.4 grade points, respectively.
6	Learning objectives and skills	Students learn to: • present current research topics in visual computing

		• perform a thorough literature review • cite scientific literature correctly • comprehend scientific texts • improve their presentation and argumentation skills • practice scientific writing
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 304439	Nailing your Thesis (VUE 5-ECTS) Nailing your thesis (VUE 5-ECTS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Nailing your Thesis (UE) (2 SWS) Vorlesung: Nailing your Thesis (VL)	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Riehle	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	Contents	This course teaches students how to perform scientific research for their final thesis or a research paper. The goal is to prepare students for a Bachelor or Master research thesis. The course covers the following topics: • Science and society • The research process • Theory building research • Theory validation research • Writing a research thesis/paper • The scientific community Students can choose one or both of two components: • VUE (VL + UE or seminar), 4 SWS, 5 ECTS. VUE combines lectures with homework and exercises. VUE is run as a 3h block. • PROJ (small research project), 2 SWS, 5 ECTS. In PROJ, students perform a small research project, either individually or in teams. The available projects will be presented at the beginning of the course. Students perform the research, write a paper, and hold a presentation about their work. Sign-up and further course information are available at https://nyt.uni1.de - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible. The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).
6	Learning objectives and skills	• Students gain an understanding of how science works • Students learn how to perform research work • Students learn how to write a research thesis
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english

1	Module name 514944	Seminar Deep Learning Seminar deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 588895	Seminar Multi-Core Architecture and Programming Seminar multi-core architecture and programming	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Multi-Core Architecture and Programming (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Mark Deutel Muhammad Sabih Frank Hannig	

4	Module coordinator	Frank Hannig
5	Contents	Prozessoren mit mehreren Kernen sind heute bereits sehr weit verbreitet. Vertreter solcher Architekturen sind beispielsweise moderne Grafikprozessoren, die aus bis zu 4608 so genannter Stream Processors und 576 Tensor-Recheneinheiten bestehen können. Mehrkernprozessoren besitzen eine sehr hohe theoretische Rechenleistung und eröffnen dadurch faszinierende neue Möglichkeiten in naturwissenschaftlichen und anderen berechnungsintensiven Bereichen, wie etwa Multimediaanwendungen, Medizintechnik oder Finanzwirtschaft. Damit die Leistungsfähigkeit voll ausgeschöpft werden kann, muss jedoch eine effiziente Abbildung von Algorithmen auf die Architektur des jeweiligen Mehrkernprozessors gefunden werden. Gegenüber traditionellen Einkernprozessoren ist dabei oftmals ein radikales Umdenken bei der Programmierung erforderlich. Ziel des Seminars ist es, Einblicke in modernste Mehrkernarchitekturen, z.B. KI-Beschleuniger, und deren Programmierparadigmen zu vermitteln. Um praktische Entwicklungserfahrung zu sammeln, werden u.A. NVIDIA TITAN RTX, Intel Neural Compute Sticks und Tegra AGX Systeme angeboten. Für die Projektarbeit im Team stehen neueste Softwareentwicklungswerkzeuge (TensorRT, OpenVINO, C++ 20, SYCL, CUDA, OpenCL, OpenMP + MPI) zur Verfügung.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz • Verstehen: Die Studierenden tragen grundlegende Inhalte auf dem Gebiet modernster Multi-/Many-Core Architectures und deren Programmierung vor. • Analysieren: Die Studierenden erproben Programmierparadigmen für Mehrkernarchitekturen. • Erschaffen: Die Studierenden planen, entwickeln und evaluieren eigenständig parallele Anwendungen. Lern- bzw. Methodenkompetenz • Die Studierenden arbeiten sich selbstständig in ein bis zwei wissenschaftliche Veröffentlichungen ein und suchen hierbei selbstständig nach verwandten Arbeiten, um den Kontext der Veröffentlichung zu verstehen und aufzubereiten. Selbstkompetenz • Die Studierenden können eigene Stärken und Schwächen, sowohl im Bereich ihrer Präsentationstechniken als auch der Team-Arbeit, reflektieren und die eigene Entwicklung planen. Sozialkompetenz

		• Die Studierenden beteiligen sich aktiv an den Vorträgen der jeweils anderen Studierenden durch fachbezogene Fragen zum Thema wie auch Rückmeldung zu Vortragsstil. • Die Studierenden arbeiten in Gruppen kooperativ und verantwortlich, außerdem können sie das eigene Kooperationsverhalten in Gruppen kritisch reflektieren und erweitern.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	

1	Module name 635405	Seminar Wissensrepräsentation und -verarbeitung Knowledge representation and -processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Wissensrepräsentation und -verarbeitung (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Kohlhase apl. Prof. Dr. Florian Rabe	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase apl. Prof. Dr. Florian Rabe
5	Contents	Dieses Seminar behandelt ausgewählte Themen aus dem Gebiet der Wissensrepräsentation und -Verarbeitung, mit einem Fokus auf mathematisches Wissen. Die Vortragsthemen sind sehr unterschiedlich im Schwierigkeitsgrad, sie reichen von Einführungsthemen für ambitionierte Bachelor-Studenten bis zur Forschungsfront für Doktoranden. Sie spiegeln recht gut die Forschungsinteressen der KWARC Gruppe wieder. Daher ist dieses Seminar sehr gut geeignet um in die Arbeitsgruppe einzusteigen (z.B. für eine Promotion).
6	Learning objectives and skills	Aktuelle Fachliteratur verstehen, Forschungsthemen für ein Fachpublikum verständlich aufbereiten und vortragen, Kommunikation mit Experten. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate aus einem vertieften Bereich der Wissensrepräsentation und -Verarbeitung wieder. Verstehen Die Studierenden erläutern grundlegende algorithmische und deduktive Verfahren. Sie tragen durch Literaturstudium erworbenes Wissen vor und erläutern es einem kleinem Fachpublikum aus Mitstudierenden. Anwenden Die Studierenden erläutern Anwendungen theoretischer Methoden in konkreten informatischen Kontexten. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	Wird in der Veranstaltung im persönlichen Betreuungsgespräch zwischen Lehrenden und Studierenden gemeinsam für den Seminarvortrag ausgewählt.

1	Module name 661589	Advanced Simulation Technology Advanced simulation technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 921878	Blender Seminar Blender seminar	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	In diesem Modul vermitteln wir grundlegende Kenntnisse über den Umgang mit 3D-Modellierungstools und zur Planung von Projekten anhand der OpenSource Software Blender.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Studierende können... • ... mathematische Grundlagen verschiedener Beleuchtungsmodelle darlegen • ... Konzepte der Szenengestaltung und Beleuchtung reproduzieren • ... Mathematische Grundlagen zu Interpolationsverfahren darlegen • ... sich an Lizenzmodellen für eigene Werke erinnern • ... über verschiedene Strategien zur Projekt- und Teamplanung berichten Verstehen Studierende können... • ... verschiedene Verfahren zur Keyframe- oder Vertexinterpolation schildern • ... Probleme bei der Erstellung von Geometrie aufzeigen • ... Probleme des Photon-Tracing illustrieren Anwenden Studierende können... • ... Wissen über Szenengestaltung und Beleuchtung auf konkrete Beispiele anwenden • ... eigene Materialshader auf der Grundlage vorgegebener Formeln/Vorschriften in Blender umsetzen Analysieren • Selbstständige Projektplanung, Teamorganisation und Umsetzung eines 3D-Projektes in vorgegebenem Zeitfenstern
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 80 h Independent study: 70 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	

1	Module name 941318	Neuartige Rechnerarchitekturen Innovative computer architectures	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Neuartige Rechnerarchitekturen (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Thomas Schlögl Philipp Holzinger Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Entwicklung moderner CPUs hat eine interessante Evolution durchlaufen. Angefangen bei einfachen Single-Core CPUs wurde zunächst die Taktschraube immer weiter nach oben gedreht. Als dies aus thermischen Grund nicht weiter möglich war, wurden Parallelrechner aus ihrer akademischen Nische vertrieben und zum Allgemeingut eines jeden Informatikers. Neuere Entwicklung zeigen nun den Einsatz von heterogenen Rechnerarchitekturen, also die Verbindung verschiedener Recheneinheiten wie CPUs, GPUs, FPGAs, um mittels Spezialhardware anfallende Aufgaben schneller und energieeffizienter lösen zu können. Neuste Forschungsansätze hingegen versuchen nun auch den Hauptspeicher eines Rechners "intelligent" zu machen und Prozessoren direkt in den Speicher zu integrieren - sogenanntes in- oder near-memory-Computing. Ziel dieses Moduls ist das kennen, ... verstehen, ... verwenden, ... vergleichen, - und evaluieren verschiedener Rechnerarchitekturen von der Multi-Core CPU bis zum FPGA-Near-Memory-Beschleuniger. Anhand praktischer Anwendungen (z.B. Neuronale Netze, Bildverarbeitung, Autonomes Fahren) können die Architekturen erprobt werden. Hierzu wird jedem Teilnehmenden ein Thema/Architektur zur Bearbeitung übertragen, welche sie/er selbstständig wissenschaftlich in einer schriftlichen Ausarbeitung und didaktisch in einem Vortrag aufarbeitet und präsentiert.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen über die Grundprinzipien moderner Rechnerarchitekturen (Intel, ARM CPUs; AMD, Nvidia GPUs; FPGAs, Beschleunigerkerne) wiedergeben. Verstehen Lernende verstehen die Grundprinzipien der Datenverarbeitung der einzelnen Architekturen; im speziell verstehen sie ob und warum eine vorgegebene Architektur besonders gut für die Lösung eines Problems geeignet ist. Lernende verstehen die unterschiedlichen Ansätze zur Parallelismus der vorgestellten Architekturen.

		Anwenden Lernende sind in der Lage Anwendungen auf den vorgegebenen Architekturen z.B. durch Programmierung umzusetzen. Hierzu erklären Studierende wie die Parallelisierungstechniken in bestehenden Architekturen eingesetzt werden. Evaluieren (Beurteilen) Lernende evaluieren die Eignung von Architekturen, bestimmte Probleme effizient auf diese Abbilden zu können. Sozialkompetenz Lernende können komplexe fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht präsentieren und eigene Standpunkte in einer Fachdiskussion argumentativ vertreten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Die Seminarleistung setzt sich wie folgt zusammen: ca. 10 Seiten Ausarbeitung und 25 Minuten Präsentation mit 50:50 Gewichtung bei der Notenfindung.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	

1	Module name 358246	Machine Learning [5 ECTS] Machine learning [5 ECTS]	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers. Anwesenheit bei den Vorträgen der anderen Teilnehmer erwünscht .	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Philippsen
5	Contents	Dieses Seminar führt in das Themengebiet des tiefen Lernens ein. Tiefes Lernen ist eine der gefragtesten Fähigkeiten in der künstlichen Intelligenz. Verfahren des tiefen Lernens haben beispielsweise alle bisherigen Benchmarks für die Klassifizierung von Bildern, Text und Sprache weit übertroffen. Tiefes Lernen ermöglicht und verbessert einige der interessantesten Anwendungen der Welt, wie autonome Fahrzeuge, Genomforschung, humanoide Robotik, Echtzeitübersetzung und es besiegt die besten menschlichen Go-Spieler der Welt. Ziel des Seminars ist eine umfassende Einführung in das tiefe Lernen. Basierend auf maschinellem Lernen wird daher erklärt, wie tiefes Lernen funktioniert, wann und warum es wichtig ist und die wesentlichen Verfahren beleuchtet. Zu den Verfahren gehören: (1) Architektur und Hyperparameter; (2) mehrschichtiges Perzeptron; (3) Mischungen neuronaler Netze; (4) tiefes Lernen für Sequenzen (Hidden Markov-Modelle, wiederkehrende neuronale Netze, bidirektionales/Langzeit-Kurzzeitgedächtnis, Gated Recurrent Unit, Temporal Convolutional Network); (5) tiefes Lernen für Bilder (Faltungs-Neuronale Netze); (6) tiefes/verstärkendes Lernen; (7) Markov-Prozesse (Gaußsche Prozesse und Bayes'sche Optimierung, grafische Modelle und Bayes'sche Netze, Kalman- und Partikelfilter); (8) Online-Lernen und Spieltheorie; (9) unüberwachtes Repräsentationslernen und generative Methoden (allgemeine gegnerische Netzwerke, Variational Autoencoder); (10) Datenerweiterung und Transferlernen. Die genannten Themen sind an den aktuellen Forschungsstand angepasst und wechseln sich jährlich ab. Das Seminar gibt einen Einblick in die Welt des tiefen Lernens und befähigt den Studierenden eine wissenschaftliche Präsentation und Ausarbeitung anzufertigen, um individuell erworbenes Wissen einem Fachpublikum vermitteln zu können.
6	Learning objectives and skills	Die Teilnahme an diesem Seminar ermöglicht den Studierenden sich in der Kompetenz tiefes Lernen auszubilden und erlerntes Wissen in Form einer angeleiteten Präsentation und Ausarbeitung wissenschaftlich darzustellen und zu kommunizieren: Die Studierenden erlangen oder erweitern durch das Seminar die Kompetenz und das Wissen: • prinzipielle Vorgehensweisen beim tiefen Lernen zu erläutern, • Vor- und Nachteile einzelner Methoden zu untersuchen,

		• Chancen und Grenzen des tiefen Lernens zu erläutern, • Sachverhalte unter Fachleuten zu diskutieren, • fachspezifische Fragen für das Gebiet zu beantworten, • Konzepte des tiefen Lernens im Allgemeinen und deren Anwendung in Applikationsgebieten der Industrie, Sozialwesen, Bildung und Sport zu erlernen, • Datenvorverarbeitung, DL-Methoden und Interpretation der Ergebnisse in konkreten Fragestellungen zu modellieren und zu adaptieren. Weiter trainiert das Seminar die Studierenden im wissenschaftlichen Arbeiten, um selbstständig: • erforderliche Literatur aufzufinden, zu analysieren und zu bewerten, • sich eigenständig in ein Themengebiet einzuarbeiten, • Grundzüge der Präsentationstechniken anzuwenden und zu motivieren, • eine Präsentation mit Begleitmaterial für ein Fachpublikum zu entwickeln, • einen Vortrag passend für einen vorgegebenen Zeitrahmen durchzuführen, • eine Ausarbeitung im Stil einer wissenschaftlichen Publikation mit Latex anzufertigen, • Sprache, Sprachangemessenheit, Inhalt sowie Aufbau und die wissenschaftliche Darstellung einer wissenschaftlichen Ausarbeitung zu verinnerlichen, • und die eigene Kognition und Kreativität in der Ausarbeitung zu bewerten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Die Gesamtnote setzt sich zu 50% aus der Bewertung des Vortrags und zu 50% aus der Bewertung der Ausarbeitung / Implementierung zusammen: • 45-60 Minuten Seminarvortrag. • Erstellung einer Ausarbeitung mit den wesentlichen Punkten des Vortrags (keine Folienkopien, ca. 6-8 Seiten im IEEE Format für Konferenzbeiträge). • Alternativ zur Ausarbeitung kann eine Demonstration implementiert werden. In diesem Fall umfasst die Ausarbeitung (Dokumentation der Implementierung) lediglich ca. 3-4 Seiten im IEEE Format für Konferenzbeiträge. • Vortrag und Ausarbeitung sollten auf Englisch erfolgen. • Fertigstellung der Folien bis spätestens einer Woche vor dem Vortragstermin. • Fertigstellung der Ausarbeitung bis zum Ende des Semesters.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)

		Die Gesamtnote setzt sich zu 50% aus der Bewertung des Vortrags und zu 50% aus der Bewertung der Ausarbeitung / Implementierung zusammen.
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	• G. Goodfellow und Y. Bengio und A. C. Courville: Deep Learning, mitp-Verlag, 2015 • R. S. Sutton und A. G. Barto: Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, 1998 • F. V. Jensen: An Introduction To Bayesian Networks, Springer, 1996 • R. Rojas: Theorie der neuronalen Netze - eine systematische Einführung, Springer, 1993 • J. Schmidhuber: Deep learning in neural networks: An overview, J. Intl. Neural Network Society (INNS), 2015 • D. Silver et al.: Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, J. Nature, 2016 • F. Chollet: Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017 • A. Müller und S. Guido: Introduction to Machine Learning with Python: A Guide for Data Scientists, O'Reilly UK Ltd., 2016 • T. J. Hastie und R. Tibshirani und J. H. Friedman: The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer Series in Statistics, 2009

1	Module name 93191	Philosophie und Künstliche Intelligenz (KI) Philosophy and artificial intelligence (AI)	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Vincent Cornelius Müller
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Presentation/written assignment
11	Grading procedure	Presentation/written assignment (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? semester (no information for Module duration available)
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

1	Module name 47591	Seminar Cognitive Surgical Robotics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Cognitive Surgical Robotics (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich Pit Henrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	In contrast to industrial robots, surgical robots cannot follow pre-programmed motions. In surgical applications, next-generation learning robots will need to continuously sense their environment through sensors, interpret this data to reason about the environment, and update their behaviour accordingly, informed by previously learned strategies. (i.e., machine learning and AI). In the style of the tradition sense-plan-act model of robot control, cognitive surgical robotics encompasses methods that: • enable surgical robots to process sensor information to a higher level of abstraction, • reason about their behaviour in the context of an environment state and task to solve, • plan actions, and • execute the planned actions in their environment. These methods have to take into account the particular challenges of surgical applications, such as interaction with deformable objects, challenging visuals (e.g. blood, reflections, occlusions, smoke, ...), complex long duration tasks, and virtually no room for error recovery. During the seminar, students will conduct a thorough literature research for a specific topic provided. The research study includes finding, understanding, and summarizing the state of the art as well as a critical review and analysis concerning limitations and potential of various methods.
6	Learning objectives and skills	Students • learn methods to effectively execute a literature study and are provided with the basic rules to cite research papers in a scientific report. • independently research state-of-the-art literature on the topic of cognitive and cognition-guided robots in surgery. • analyse their findings and critically evaluate the potential and limitations thereof. • excerpt the essential findings from their literature search and analysis and summarize them according to the level of knowledge of the fellow students.
7	Prerequisites	General knowledge in the areas AI and robotics will be an advantage.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement

		Presentation and written report. The students will give a scientific presentation in English according to international conference standards. Written report: 14 - 15 pages (on our template) Presentation: 10 min presentation and 10 min discussion of the topic Attendance at the seminar student colloquium
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Report: 50%, Presentation: 50%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

1	Module name 47593	Seminar Surgical Robotics Software Seminar: Surgical robotics software	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Surgical Robotics Software (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich Pit Henrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	In this module, we will focus on the software side of surgical robotics. This includes the following topics: • Data processing: To perform (semi-)automated robotic surgery, we need to process and often fuse the available data from the patient but also the robot and operation-theatre sensors. • Robot control: While conventional robot kinematics can often be described by simply chaining matrix multiplications, this is no longer the case for more flexible, continuum robotics. Here, we often need to accept trade-offs between the kinematic precision vs. the evaluation speed. We also delve into more complex kinematics (for both conventional and continuum robots) that will consider forces as might occur during surgeries, e.g., by manoeuvring through tissue, or during grasping of (non-)rigid objects. • Planning: To perform operations, surgeons often have to manually plan the entire procedure, which might take hours or even days, as many different aspects need to be accounted for at the same time (e.g., cost vs duration vs safety). As part of robotic surgery, this task can be automated to the point that a surgeon only needs to choose a treatment from a small, generated set. Typical planning problems focus on instrument paths, treatment parameters and potential risks to the patient for a given operation. • Simulation environments: Before a robotic (software-)system can be used on a patient, it needs to be evaluated in a safe environment. For that, different simulation environments (e.g., ROS-Movelt) can be used. Other systems might need to handle soft-tissue interactions (e.g., grasping, tearing, or cutting) and will need to simulate these behaviours (e.g., using SOFA or FEM). • Further topics include the influence of robot design on software and vice versa, coordination of multiple robots in the same environment and the Human-Software-Interfaces necessary for semi-automatic systems. Please note that the exact topics may vary for each semester, as we often provide topics from current research. During the seminar, students will conduct a thorough literature research for a specific topic provided. The research study includes finding, understanding, and summarizing the state of the art as well as a critical

		review and analysis concerning limitations and potential of various methods.
6	Learning objectives and skills	Students • learn methods to effectively execute a literature study and are provided with the basic rules to cite research papers in a scientific report. • independently research state-of-the-art literature on the topic of software used in robots in surgery. • analyse their findings and critically evaluate the potential and limitations thereof. • excerpt the essential findings from their literature search and analysis and summarize them according to the level of knowledge of the fellow students.
7	Prerequisites	General knowledge in the area of surgical robotics will be an advantage.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Presentation and written report. The students will give a scientific presentation in English according to international conference standards. Written report: 14 - 15 pages (on our template) Presentation: 10 min presentation and 10 min discussion of the topic Attendance at the seminar student colloquium
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Report: 50%, Presentation: 50%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

1	Module name 47592	Seminar Surgical Robotics Hardware Seminar: Surgical robotics hardware	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Surgical Robotics Hardware (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Pit Henrich Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich
5	Contents	Recently, surgical robots have become the gold standard treatment in several surgical disciplines. Teleoperated systems are used in visceral surgery, gynaecology, urology, and others. New concepts are currently researched that allow for highly flexible intervention (for example, medical continuum robots for colonoscopy or steerable needles for biopsies) or for minimally invasive treatment (for example, magnetically actuated micro- and nanorobots for targeted drug delivery). Surgical robotics hardware is often designed to highly specialised surgical interventions and must fulfil specific requirements on material properties, actuation, functionalization, localization, kinematics, control concepts according to the envisioned treatment and surgical discipline. During this module, students will conduct a thorough literature research for a specific topic provided. The research study includes finding, understanding, and summarizing the state of the art as well as a critical review and analysis concerning limitations and potential of various methods.
6	Learning objectives and skills	Students • learn methods to effectively execute a literature study and are provided with the basic rules to cite research papers in a scientific report. • independently research state-of-the-art literature on the topic of hardware used in robots in surgery. • analyse their findings and critically evaluate the potential and limitations thereof. • excerpt the essential findings from their literature search and analysis and summarize them according to the level of knowledge of the fellow students.
7	Prerequisites	General knowledge in the area of surgical robotics will be an advantage.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Presentation and written report. The students will give a scientific presentation in English according to international conference standards. Written report: 14 - 15 pages (on our template) Presentation: 10 min presentation and 10 min discussion of the topic Attendance at the seminar student colloquium
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)

		Report: 50%, Presentation: 50%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	
16	Bibliography	

1	Module name 47601	Ethics and Philosophy of AI	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Vincent Cornelius Müller
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	semester: 1
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Written exam, 90 minutes.
11	Grading procedure	Variable (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	

1	Module name 95790	Seminar Koalgebraische Logik Seminar: Coalgebraic logic	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	Contents	• Basic categorical notions • Coalgebraic logic via predicate liftings • Separation and expressivity • Soundness and completeness • Algebraic semantics • Complexity of reasoning • Modular construction of logics • Coalgebraic hybrid logic • Reasoning with global assumptions • Fixpoint logics • Coalgebraic automata theory • Fuzzy coalgebraic logic • Coalgebraic predicate logic
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate zu Koalgebra, Modallogik, und koalgebraischer Logik wieder und ordnen Beispiele korrekt ein. Verstehen Die Studierenden erläutern generische Schlussfolgerungsverfahren und algorithmische Verfahren in der koalgebraischen Logik und instanziiieren sie auf konkrete Logiken. Anwenden Die Studierenden übertragen koalgebraische generische Verfahren selbständig auf Beispiele. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.
7	Prerequisites	Empfohlen werden die vorherige Teilnahme an "Grundlagen der Logik in der Informatik" sowie an einer Vertiefungsveranstaltung in der theoretischen Informatik
8	Integration in curriculum	semester: 1;2;3;4
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Die Seminarleistung besteht in einem Vortrag sowie, abhängig von der Vortragslänge, einer schriftlichen Ausarbeitung
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h

		Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	(The following list is, while not exhaustive, meant mainly as a fairly broad guide to the literature, and not to be understood as a mandatory reading list.) • Lawrence S. Moss: Coalgebraic Logic. Ann. Pure Appl. Logic 96(1-3): 277-317 (1999) • Dirk Pattinson: Expressive Logics for Coalgebras via Terminal Sequence Induction. Notre Dame Journal of Formal Logic 45(1): 19-33 (2004) • Dirk Pattinson: Coalgebraic modal logic: soundness, completeness and decidability of local consequence. Theor. Comput. Sci. 309(1-3): 177-193 (2003) • Lutz Schröder: A finite model construction for coalgebraic modal logic. J. Log. Algebr. Program. 73(1-2): 97-110 (2007) • Lutz Schröder, Dirk Pattinson: Shallow Models for Non-iterative Modal Logics. KI 2008: 324-331 • Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Beyond Rank 1: Algebraic Semantics and Finite Models for Coalgebraic Logics. FoSSaCS 2008: 66-80 • Lutz Schröder: Expressivity of coalgebraic modal logic: The limits and beyond. Theor. Comput. Sci. 390(2-3): 230-247 (2008) • Lutz Schröder, Dirk Pattinson: Strong Completeness of Coalgebraic Modal Logics. STACS 2009: 673-684 • Robert S. R. Myers, Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Coalgebraic Hybrid Logic. FOSSACS 2009: 137-151 • Lutz Schröder, Dirk Pattinson, Clemens Kupke: Nominals for Everyone. IJCAI 2009: 917-922 • Lutz Schröder, Yde Venema: Flat Coalgebraic Fixed Point Logics. CONCUR 2010: 524-538 • Lutz Schröder, Dirk Pattinson: Description Logics and Fuzzy Probability. IJCAI 2011: 1075-1081 • Tadeusz Litak, Dirk Pattinson, Katsuhiko Sano, Lutz Schröder: Coalgebraic Predicate Logic. ICALP (2) 2012: 299-311 • Daniel Gorín, Lutz Schröder: Subsumption Checking in Conjunctive Coalgebraic Fixpoint Logics. Advances in Modal Logic 2014: 254-273 • Daniel Gorín, Dirk Pattinson, Lutz Schröder, Florian Widmann, Thorsten Wißmann: COOL - A Generic Reasoner for Coalgebraic Hybrid Logics (System Description). IJCAR 2014: 396-402

		• Corina Cîrstea, Clemens Kupke, Dirk Pattinson: EXPTIME Tableaux for the Coalgebraic μ-Calculus. Logical Methods in Computer Science 7(3) (2011) • Yde Venema: Automata and fixed point logic: A coalgebraic perspective. Inf. Comput. 204(4): 637-678 (2006) • Clemens Kupke, Yde Venema: Coalgebraic Automata Theory: Basic Results. Logical Methods in Computer Science 4(4) (2008) • Stefan Milius, Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Generic Trace Semantics and Graded Monads. CALCO 2015: 253-269 • Clemens Kupke, Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Reasoning with Global Assumptions in Arithmetic Modal Logics. FCT 2015: 367-380 • Lutz Schröder, Dirk Pattinson, Tadeusz Litak: A Van Benthem/ Rosen theorem for coalgebraic predicate logic. J. Log. Comput. 27(3): 749-773 (2017) • Daniel Hausmann, Lutz Schröder: Optimal Satisfiability Checking for Arithmetic μ-Calculi. FoSSaCS 2019: 277-294 • Daniel Hausmann, Lutz Schröder: Game-Based Local Model Checking for the Coalgebraic μ-Calculus. CONCUR 2019: 35:1-35:16

1	Module name 819238	Themen der Kategorientheorie	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	apl. Prof. Dr. Stefan Milius
5	Contents	Verschiedene Themen der Kategorientheorie werden in Form eines "Reading Course" von den Teilnehmern erarbeitet und vorgetragen. Die Themenauswahl kann dabei flexibel auf die Interessen der Teilnehmer zugeschnitten werden. Mögliche, teilweise an "Algebra des Programmierens" unmittelbar anschließende, Themen sind z.B.: • freie Konstruktionen, universelle Pfeile und adjungierte Funktoren • Äquivalenzfunktoren • Monaden: Eilenberg-Moore und Kleisli-Kategorien; Freie Monaden; Becks Satz • Kartesisch abgeschlossenene Kategorien • Vollständige Halbordnungen (cpos), Einbettungen/ Projektionen, Limes-Kolimes-Koinzidenz, Lösung rekursive Domaingleichungen • Kan Erweiterungen • (symmetrische) monoidale Kategorien • Faktorisierungsstrukturen
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben Definitionen und Ergebnisse aus der Kategorientheorie und ihren Anwendungen in der Informatik wieder. Verstehen Die Studierenden erläutern grundlegende Methoden und Beweise der Kategorientheorie. Anwenden Die Studierenden wenden die Konzepte und Beweismethoden an, um einfache Problemstellungen kategoriell zu beschreiben und entsprechende Aussagen zu beweisen. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt von Fachbüchern und wissenschaftlichen Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.
7	Prerequisites	Grundkenntnisse der Kategorientheorie.

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Es werden wöchentlich bis 14-täglich Aufgabenblätter verteilt, deren Lösungen von den Studierenden präsentiert werden.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) Die Modulnote setzt sich zu 50% aus der Note der Präsentationen und zu 50% aus der Note eines 30-minütigen Kolloquiums zusammen.
12	Module frequency	Irregular
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german english
16	Bibliography	• S. Mac Lane: Categories for the Working Mathematician, 2nd edition, Springer-Verlag, 1998. • J. Adamek, H. Herrlich and G.E. Strecker: Abstract and Concrete Categories: The Joy of Cats, 2nd edition, Dover Publications, 2009. • S. Awodey: Category Theory, 2nd edition, Oxford University Press, 2011. • E. Riehl: Category Theory in Context, Dover Publications, 2016.

1	Module name 47672	Applied Neural Engineering: Brain and Spine Neurosurgery and Human/Machine Interfaces Applied neural engineering: Brain and spine neurosurgery and human/machine interfaces	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio Prof. Dr. med. Thomas Mehari Kinfe
5	Contents	The central nervous system is a biological structure with high temporal resolution. For example, when we are controlling a muscle to prevent slipping or catching a falling object, the CNS must generate intelligent behaviour at the millisecond time scale. Therefore, for an accurate prediction of these events we must record from relevant neural structures with high temporal resolution. Electrophysiological recordings and electrical stimulation of the nervous system provide a unique framework to study and control the behaviour of the CNS.
6	Learning objectives and skills	Students describe the current state of the art methods to implant electrodes in the brain as well as in the spinal cord and muscle. Moreover, as a core work of this seminar, students analyse these signals and understand the rationale behind the utilization of brain/machine interfaces that can record and stimulate concurrently at the millisecond time scale. With this seminar, students learn the current methods for human/machine interfaces from populations of neurons, interfacing and electrical stimulation of the human nervous system with an emphasis on deep brain stimulation (tremor reduction), pain reduction via afferent stimulation, neurorecovery via electrical stimulation of the spinal cord, and brain-computer interfaces. A specific focus of this seminar will be the students' interpretation of relevant new literature on brain-machine interfaces from an engineering and neurosurgical perspective, specifically to critically evaluate what are the limits from a neurosurgical and neuroengineering perspective. The students review their findings in a written report that follows good scientific practice.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Presentation and paper. The students will give a scientific presentation in English.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%)

		Presentation: 50%, paper: 50%.
12	Module frequency	Only in winter semester Due to unforeseen circumstances, this module cannot be offered in WS 24/25.
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	english
16	Bibliography	-Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD -Neural Engineering, Edited by Bin He -Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller https://www.nature.com/articles/nrn3724 Burst Motor Cortex Stimulation Evokes Sustained Suppression of Thalamic Stroke Pain: A Narrative Review and Single-Case Overview. Martin Nüssel, Melanie Hamperl, Anna Maslarova, Shafqat R Chaudhry, Julia Köhn, Andreas Stadlbauer, Michael Buchfelder, Thomas Kinfe. Pain Ther. 2020. doi: 10.1007/s40122-020-00221-0. Impact factor 5.6 Burst spinal cord stimulation: Review of preclinical studies and comments on clinical outcomes. Krishnan Chakravarthy, Alex Kent, Adil Reza, Fangfang Xing, Jeff Kramer, Lawrence Poree and Thomas M. Kinfe Neuromodulation Neuromodulation. 2019;22(3):235-243.

1	Module name 47586	Seminar Fantastic Datasets and where to find them Seminar: Fantastic datasets and where to find them	5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Fantastic datasets and where to find them (2 SWS) Students are required to take part in the <i>in-person</i> meetings. Significant time is dedicated to self-paced working on the OER.	5 ECTS
3	Lecturers	Luisa Neubig Prof. Dr. Andreas Kist René Groh	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Kist	
5	Contents	Datasets are crucial to train modern artificial intelligence algorithms. In this module, students will be first faced with the theoretical background of datasets, how datasets are created and disseminated, as well as comply to the FAIR principles. We will cover dataset repositories and data types. In the first three weeks, students will create their own set of data and metadata and will experience the design and creation process of a dataset. In the second block of the module, students are assigned to a given dataset from a pre-selection of datasets important in the field of machine learning and artificial intelligence. The students' task is to create an <i>open educational resource (OER)</i>, similar to a YouTube video, about their assigned dataset explaining the back story of the dataset, as well as its usage in a contemporary context. The generation of the OER will be self-paced with the option to work on the OER during the normal seminar hours. In the third block, students will be assigned to two other dataset OERs of their peer group and will give constructive feedback. The constructive feedback and the OERs will be discussed in the full group. Finally, the students will incorporate the feedback to their OERs and publish them openly on a dedicated seminar YouTube channel.	
6	Learning objectives and skills	Subject competence Students acquire broad knowledge of (biomedical) datasets and how they are created (Knowledge). Through the course, students will be able to reproduce examples of different dataset modalities and describe advantages and disadvantages of datasets (Understanding). Through the course, students will be able to classify and grade the quality of a dataset, and explain the limitations of a given dataset (Apply and Evaluate/Judge). Students will be further able to characterize data sets independently (Analyze). Students gain a comprehensive insight into which criteria are important in the construction of new data sets by creating their own one (Create). Learning or methodological competence and self-competence	

		Students learn to present a data set in a structured and coherent way through the creation of an open educational resource (OER) video. The also learn how to record, edit, compile and disseminate content. Students are given the opportunity to learn how to communicate effectively using their own words and give constructive feedback to others.
7	Prerequisites	We strongly recommend previous knowledge and ideally hands-on experience in Artificial Intelligence and/or Deep Learning to understand the implications discussed in the seminar.
8	Integration in curriculum	semester: 3
9	Module compatibility	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Seminar achievement Successful generation of an OER (≥ 10 min Video) based on a developed storyboard.
11	Grading procedure	Seminar achievement (100%) OER (100%). The grade will be determined by evaluating the video content (storyboard) and the production quality. The exact metrics will be communicated at the beginning of the seminar.
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german or english
16	Bibliography	• Hylén, J. (2020). Open educational resources: Opportunities and challenges. • Ehlers, U. D. (2011). Extending the territory: From open educational resources to open educational practices. Journal of open, flexible and distance learning, 15(2), 1-10. • Nichols, T. E. et al. Best practices in data analysis and sharing in neuroimaging using MRI. Nat. Neurosci. 20, 299–303 (2017). • Horien, C. et al. A hitchhiker's guide to working with large, open-source neuroimaging datasets. Nat Hum Behav 5, 185–193 (2021). • Wilkinson, M. D. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Sci. Data 3, 160018 (2016).

Minor subject: French studies

1	Module name 72203	Basismodul Einführung in die Französische Literaturwissenschaft Introduction to French literary studies	5 ECTS
2	Courses / lectures	Einführungskurs: Basisseminar französische Literaturwissenschaft B (2 SWS) Tutorium: Tutorium zu Basisseminar französische Literaturwissenschaft A + B (Paulina Peer)	5 ECTS -
3	Lecturers	apl. Prof. Dr. Annette Keilhauer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sabine Friedrich
5	Contents	Vermittlung frankoromanistischen Basiswissens: • Klärung grundlegender literaturwissenschaftlicher Begriffe; • Einführung in Theorien und Methoden der Literaturwissenschaft; • Einführung in die Analyse lyrischer, narrativer und dramatischer Texte; • Entstehung und Entwicklung der Romanistik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Frankoromanistik, • sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte der studierten Sprache mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren, • kennen grundlegende literaturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen, • können die Struktur literarischer Texte unterschiedlicher Gattungen angemessen erfassen und analysieren, • haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler literaturwissenschaftlicher Konzepte, • erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.
7	Prerequisites	Dringend empfohlen: Französischkenntnisse im Umfang von mindestens drei Schuljahren oder Kenntnisse entsprechend Niveau GER B1
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

1	Module name 72204	Basismodul Einführung in die Französische Sprachwissenschaft Basic module: Introduction to French linguistics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Silke Jansen
5	Contents	Vermittlung frankoromanistischen Basiswissens: • Stellung der romanischen Sprachen in der Welt; • Klärung grundlegender sprachwissenschaftlicher Begriffe; • Erläuterung wichtiger Sprach- und Kommunikationsmodelle; • Einführung in Theorien und Methoden verschiedener Teildisziplinen der Sprachwissenschaft jeweils unter Berücksichtigung ihrer historischen Entwicklung; • Entstehung und Entwicklung der Romanistik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Frankoromanistik, • sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte der studierten Sprache mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren, • kennen grundlegende sprachwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen, • haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler sprachwissenschaftlicher Konzepte, • erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.
7	Prerequisites	Dringend empfohlen: Französischkenntnisse im Umfang von mindestens drei Schuljahren oder Kenntnisse entsprechend Niveau GER B1
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Stein, Achim (32010): Einführung in die französische Sprachwissenschaft. (Sammlung Metzler 307). Stuttgart: Metzler.

	Geckeler, Horst/Dietrich, Wolf (42007): Einführung in die französische Sprachwissenschaft. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. Berlin: Erich Schmidt.

	Weitere Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung

1	Module name 72213	Basismodul Französische Sprachpraxis 1 Basic module: French language practice 1	10 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Parcours grammatical et lexical II (4 SWS) Übung: Compréhension orale (2 SWS)	4 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Corina Petersilka Dr. Geraldine Citerne-Hahlweg	

4	Module coordinator	Dr. Corina Petersilka
5	Contents	• Systematische Wiederholung und Vertiefung der französischen Grammatik (groupe nominal) • Erarbeitung eines grundlegenden, an landeskundlichen Themen orientierten Grund- und Aufbauwortschatzes unter Berücksichtigung morphologischer und semantische
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • üben den Umgang mit authentischen Dokumenten mit kulturwissenschaftlicher Relevanz, • erarbeiten die wichtigsten Strukturen der Nominalphrase im modernen Französisch, • erwerben kontextgebundenen, für landeskundliche Themen relevanten Wortschatz, • entwickeln Techniken und Methoden des Wortschatzerwerbs zur Aneignung autonomer Lernstrategien, • erlernen das aktive Beherrschen von Sprechsituationen (dialogisches und monologisches Sprechen), • üben Kurzvorträge und Diskussionen zu landeskundlich relevanten Themen.
7	Prerequisites	Empfohlen werden Französischkenntnisse auf dem Niveau von drei aufsteigenden Schuljahren oder GER: B1. Über das Niveau der tatsächlichen vorhandenen Sprachkenntnisse orientiert ein Einstufungstest zu Semesterbeginn.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Klein, Hans-Wilhelm; Kleineidam, Hartmut: Grammatik des heutigen Französisch. Stuttgart: Klett, 1994.

		• Fischer, Wolfgang; Le Plouhinec, Anne-Marie: Thematischer Grund- und Aufbauwortschatz Französisch. Stuttgart: Klett, 2009. • Piquet, Claire

1	Module name 72224	Basismodul Französische Sprachpraxis 2 Basic module: French language practice 2	10 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module! Anwesenheitspflicht in Parcours III und Phonétique pratique	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	Dr. Corina Petersilka
5	Contents	• Systematische Wiederholung und Vertiefung der französischen Grammatik (groupe verbal) • Ausspracheschulung zur Lautung und Intonation mit praktischen Übungen im Sprachlabor
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • wenden die wichtigsten Strukturen der Verbalphrase im modernen Französisch an, • erkennen und analysieren typische Fehlerquellen, • trainieren eine möglichst akzentfreie Aussprache des Französischen (Phonetik).
7	Prerequisites	Dringend empfohlen ist der erfolgreiche Abschluss des Basismoduls französische Sprachpraxis 1
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211 - BA Frankoromanistik (Erstfach/Zweifach): 1 von 4 Basismodulen - LaG/LaR Französisch: 1 von 5 Basismodulen
10	Method of examination	Practical examination/test (90 minutes) Written examination (90 minutes) Practical examination/test (15 minutes) - Grammatikklausur 90' - Aussprachetest ca. 15' Wiederholbarkeit: zweimal
11	Grading procedure	Practical examination/test (40%) Written examination (40%) Practical examination/test (20%) - Grammatikklausur/mündl. Prüfung 100 % der Modulnote - Aussprachetest/mündl. Prüfung 0 % der Modulnote
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester

15	Teaching and examination language	german french
16	Bibliography	• Fischer, Wolfgang; Le Plouhinec, Anne-Marie: Thematischer Grund- und Aufbauwortschatz Französisch. Stuttgart: Klett, 2009. • Klein, Hans-Wilhelm & Kleineidam, Hartmut. Grammatik des heutigen Französisch. Stuttgart: Klett, 1994. • Bescherelle: L'Art de conjuguer. Diesterweg 2000. • Léon, Monique; Léon, Pierre: La prononciation du français B1/ B2, Didier 2017.

Minor subject: Hispanic studies

1	Module name 72372	Spanische Sprachpraxis 1 Spanish language practice 1	10 ECTS
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	Module coordinator	PD Dr. Joachim Christl
5	Contents	- Grundstrukturen des Spanischen, insbes.: Verbformen des Futurs und Konditionals und ihre Verwendung, Subjuntivo, Festigung des Gebrauchs der Vergangenheitstempora, Passiv, Indirekte Rede - Erweiterung des Wortschatzes anhand landeskundlicher Themen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - können sich in Standardsituationen des privaten und beruflichen Alltags mündlich und schriftlich verständigen, - können die vier Fertigkeiten Hören, Lesen, Sprechen, Schreiben in angemessener Weise einsetzen, - kennen wichtige Unterschiede in Gepflogenheiten und Verhaltensweisen zwischen der Ausgangs- und Zielkultur und gehen reflektiert mit diesen Unterschieden um, - verstehen die besonderen Merkmale gesprochener Sprache (Intonation, redestuernde Partikeln, persönliche Anrede u.a.) und ihrer Textsorten (Dialog, Interview, Referat usw.) und wenden diese an; Themen und Situationen des Alltags und aus dem Bereich der Studieninhalte.
7	Prerequisites	Empfohlen werden Sprachkenntnisse entsprechend Niveau GER** A2 bzw. Einführungskurs im Umfang von ca. 120 Std. Über das Niveau der tatsächlich vorhandenen Sprachkenntnisse orientiert ein Einstufungstest zu Semesterbeginn.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Iberoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Regular attendance Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Regular attendance (pass/fail) Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Ü Español intermedio I: Aula 3 International (Verlag Klett/ Difusión)

		• Ü Cultura y comunicación oral: Aufnahmen von Beispielen gesprochener Sprache (verschiedene Textsorten und Sprecher aus unterschiedlichen Ländern des hispanophonen Sprachraums)

1	Module name 72633	Basismodul Spanische Sprachwissenschaft Basic module: Spanish linguistics	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Silke Jansen
5	Contents	Vermittlung iberoromanistischen Basiswissens: • Stellung der romanischen Sprachen in der Welt; • Klärung grundlegender sprachwissenschaftlichen Begriffe; • Erläuterung wichtiger Sprach- und Kommunikationsmodelle; • Einführung in Theorien und Methoden verschiedener Teildisziplinen der Sprachwissenschaft jeweils unter Berücksichtigung ihrer historischen Entwicklung; • Entstehung und Entwicklung der Romanistik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Iberoromanistik, • sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte des Spanischen mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren, • kennen grundlegende sprachwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen, • haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler sprachwissenschaftlicher Konzepte, • erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.
7	Prerequisites	Dringend empfohlen: spanische Sprachkenntnisse im Umfang von ca. 120 Unterrichtsstunden, Kenntnisse entsprechend Niveau GER A2
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Iberoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	Kabatek, Johannes/Pusch, Claus, D. (2009): Spanische Sprachwissenschaft. Eine Einführung (bachelor-wissen). Tübingen: Narr Francke Attempto. Weitere Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung.

1	Module name 72634	Basismodul Spanische Literaturwissenschaft Basic module: Spanish literature	5 ECTS
2	Courses / lectures	Einführungskurs: Basisseminar spanische Literaturwissenschaft (2 SWS) Tutorium: Tutorium zu Basisseminar spanische Literaturwissenschaft (Marlies Hofmann)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Camilo Del Valle Lattanzio	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Sabine Friedrich
5	Contents	Vermittlung iberoromanistischen Basiswissens: • Klärung grundlegender literaturwissenschaftlicher Begriffe; • Einführung in Theorien und Methoden der Literaturwissenschaft; • Einführung in die Analyse lyrischer, narrativer und dramatischer Texte; • Entstehung und Entwicklung der Romanistik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Iberoromanistik, • sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte des Spanischen mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren, • kennen grundlegende sprach- und literaturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen, • können die Struktur literarischer Texte unterschiedlicher Gattungen angemessen erfassen und analysieren, • haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler literaturwissenschaftlicher Konzepte, • erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.
7	Prerequisites	Dringend empfohlen: spanische Sprachkenntnisse im Umfang von ca. 120 Unterrichtsstunden, Kenntnisse entsprechend Niveau GER A2
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Iberoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german

16	Bibliography	Ein Reader mit theoretischen Texten und Primärliteratur wird kursbegleitend zur Verfügung gestellt.

Minor subject: Italian studies

1	Module name 72292	Basismodul Italienische Sprachpraxis 1 Italian language practice 1	10 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Paola Cesaroni-Meinzolt
5	Contents	- Grundstrukturen des Italienischen, insbesondere Morphologie, Verbformen des Indikativs, Konjunktivs und Konditionals und ihre Verwendung, Aufbau des Wortschatzes im Bereich des Alltags, des eigenen Studiums und der persönlichen Interessen; - Festigung der Grundregeln der italienischen Aussprache; - Auseinandersetzung mit ausgewählten Aspekten der italienischen Gesellschaft im sprachlichen, sozio-politischen und kulturellen Bereich.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können - sich in Anlehnung an die Deskriptoren des GER Niveau B1 zu Themen von allgemeinem Interesse bzw. des eigenen Lebens- und Studenumfelds schriftlich und mündlich äußern bzw. austauschen; - die Grundkompetenzen Hörverstehen und Sprechen durch kollaboratives Lernen und unter Verwendung von ersten einfachen Mediationsaufgaben aufbauen; - über sprachliche Phänomene selbstständig und unter Verwendung von induktiven Verfahren reflektieren.
7	Prerequisites	Empfohlen werden Sprachkenntnisse entsprechend GER A2. Über das Niveau der tatsächlich vorhandenen Sprachkenntnisse orientiert ein Einstufungstest zu Semesterbeginn.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Italomaneistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (120 minutes) Abschlussklausur (120 Min.) WiSe 2022/23: alternativ schriftliche Online-Prüfung mit Authentifizierung und Kontrolle (120 Min.) Die konkrete Prüfungsform wird spätestens vier Wochen vor der Prüfung verbindlich kommuniziert.
11	Grading procedure	Written examination (100%) Klausurnote = Modulnote
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h

14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german italian
16	Bibliography	Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung.

1	Module name 72623	Basismodul Italienische Sprachwissenschaft Italian language studies	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Ludwig Fesenmeier
5	Contents	Vermittlung italoromanistisch-sprachwissenschaftlichen Basiswissens: • Stellung der romanischen Sprachen in der Welt • Klärung grundlegender sprachwissenschaftlicher Begriffe • Erläuterung wichtiger Sprach- und Kommunikationsmodelle • Einführung in Theorien und Methoden verschiedener Teildisziplinen der Sprachwissenschaft unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen historischen Entwicklung • Entstehung und Entwicklung der Romanistik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben einen fundierten Überblick über die sprachsystematischen Beschreibungsebenen (Phonetik/ Phonologie, Morphologie, Syntax, Semantik) im Bereich der italoromanistischen Sprachwissenschaft; • sind in der Lage, italienische gesprochene und geschriebene Texte mit Hilfe der vermittelten sprachwissenschaftlichen Theorien und Methoden zu analysieren; • kennen grundlegende sprachwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen; • verfügen über Basiswissen hinsichtlich der Entwicklung zentraler sprachwissenschaftlicher Konzepte; • erwerben die Fähigkeit, sich (sprach)wissenschaftliche Positionen zu erschließen und im Gespräch zu explizieren.
7	Prerequisites	Dringend empfohlen: Sprachkenntnisse entsprechend GER A2.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Iteloromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Klausurnote = Modulnote
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german italian
16	Bibliography	• Blasco Ferrer, Eduardo (1994): Handbuch der italienischen Sprachwissenschaft, Berlin: Schmidt.

	• Sobrero, Alberto A./Miglietta, Annarita (2021): Introduzione alla linguistica italiana. Nuova edizione riveduta e aggiornata, Roma/Bari: Laterza. • Michel, Andreas (2016): Einführung in die italienische Sprachwissenschaft, Berlin/New York: De Gruyter. • Gabriel, Christoph/Meisenburg, Trudel (2021): Romanische Sprachwissenschaft, Paderborn: Brill/Fink.

Weitere Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung.

1	Module name 72624	Basismodul Italienische Literaturwissenschaft Italian literary studies	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Basisseminar italienische Literaturwissenschaft (2 SWS) Tutorium: Tutorium zum Basisseminar italienische Literaturwissenschaft (Nadja Nuss) (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Simon Matthias Bürgel	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Christian Rivoletti
5	Contents	Vermittlung italaromanistisch-literaturwissenschaftlichen Basiswissens: • Klärung grundlegender literaturwissenschaftlicher Begriffe • Einführung in Theorien und Methoden der Literaturwissenschaft • Einführung in die Analyse lyrischer, narrativer und dramatischer Texte • Entstehung und Entwicklung der Romanistik
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der italaromanistischen Literaturwissenschaft; • sind in der Lage, italienische gesprochene und geschriebene Texte mit Hilfe der vermittelten literaturwissenschaftlichen Theorien und Methoden zu analysieren; • kennen grundlegende literaturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen; • können die Struktur literarischer Texte unterschiedlicher Gattungen angemessen erfassen und analysieren; • haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler literaturwissenschaftlicher Konzepte; • erwerben die Fähigkeit, sich (literatur)wissenschaftliche Positionen zu erschließen und im Gespräch zu explizieren.
7	Prerequisites	dringend empfohlen: Sprachkenntnisse entsprechend GER B1
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Nebenfach Italaromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (90 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%) Klausurnote = Modulnote
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german italian

16	Bibliography	Ein Reader mit theoretischen Texten und Primärliteratur wird kursbegleitend zur Verfügung gestellt.

1	Module name 23030	Qualitätsmanagement II - Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement (QM II)	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Qualitätsmanagement QMaK (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	• Qualitätsmanagementsystem - Auditierung und Zertifizierung • Total Quality Management und EFQM-Modell • Ausbildung und Motivation • Kontinuierliche Verbesserungsprogramme und Benchmarking • Problemlösungstechniken und Qualitätszirkel • Qualitätsbewertung • Qualität und Wirtschaftlichkeit • Six Sigma • Qualitätsmanagement bei Medizinprodukten • Qualitätsbewertung (Übung) • Qualitätsbezogene Kosten und Wirtschaftlichkeit (Übung)
6	Learning objectives and skills	Nach dem Besuch der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, Wissen: ◦ Wissen zu Qualitätsmanagement als unternehmens- und produktlebenszyklusübergreifende Strategie zu veranschaulichen ◦ Anforderungen, Aufbau, Einführung sowie die Auditierung und Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen darzustellen ◦ Business Excellence anhand Total Quality Management (TQM), Unternehmensbewertungsmodelle wie EFQM und kontinuierlicher Verbesserungsprozesse im Unternehmen auszuführen ◦ die Wirtschaftlichkeit von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen zu demonstrieren ◦ die Methodik Six Sigma" zu beschreiben und dem Kontext der Qualitätsverbesserung zuzuordnen ◦ Handlungsgrundlagen hinsichtlich Ausbildungs-, Motivations- und Organisationsverbesserung zu ermitteln Evaluiere: die Qualität mit etablierten Vorgehensweisen zu bewerten
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written (60 minutes) Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60

11	Grading procedure	Written (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A - Z, Carl Hanser Verlag, München 2011 • Pfeifer, T.; Schmitt, R.: Masing Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser, München 2021 • Wagner, K. W.; Patzak, G.: Performance Excellence - Der Praxisleitfaden zum effektiven Prozessmanagement, Carl Hanser Verlag, München 2020 • Zink, K. J.: Mitarbeiterbeteiligung bei Verbesserungs- und Veränderungsprozessen, Carl Hanser Verlag, München 2007

1	Module name 95940	Qualitätsmanagement I - Qualitätstechniken für die Produktentstehung Quality management I - Quality engineering in the product development process	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Qualitätstechniken - QTeK - vhb (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	Contents	• Einführung und Begriffe • Grundwerkzeuge des Qualitätsmanagements • Erweiterte Werkzeuge des Qualitätsmanagements • Qualitätsmanagement in der Produktplanung (QFD) • Qualitätsmanagement in der Entwicklung und Konstruktion (DR, FTA, ETA, FMEA) • Versuchsmethodik • Maschinen- und Prozessfähigkeit, Qualitätsregelkarten • Zuverlässigkeitstechniken • Qualitätsmanagementsystem - Aufbau und Einführung • Grundwerkzeuge des QM (Einsendeaufgabe) • QFD und FMEA (Einsendeaufgabe) • Versuchsmethodik (Einsendeaufgabe) • SPC (Einsendeaufgabe)	
6	Learning objectives and skills	Nach dem Besuch der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, Wissen: • ◦ die Werkzeuge, Techniken und Methoden des Qualitätsmanagements entlang des Produktlebenszyklus darzustellen ◦ die Zuverlässigkeit von Systemen zu beschreiben ◦ den Aufbau und die Einführung von Qualitätsmanagementsystemen darzustellen ◦ die grundlegenden Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeuge auf ein anderes Problem zu übertragen ◦ Prozesse mit Hilfe der statistischen Prozesslenkung (SPC), Qualitätsregelkarten und Prozessfähigkeitsindizes zu beschreiben ◦ mit Hilfe der Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeugen Probleme zu analysieren ◦ statistische Versuchspläne auf praktische Probleme zu übertragen und aus den Ergebnissen die Zusammenhänge und Einflüsse der Faktoren zu interpretieren ◦ statistische Auswertungen zu interpretieren und neue Probleme auf statistische Auffälligkeiten zu testen	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes) Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• ◦ DIN (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie, Beuth-Verlag, Berlin 1994 - Masing, W.: Handbuch Qualitätsmanagement, Carl Hanser Verlag, München 2007

1	Module name 96925	Fertigungsmesstechnik II Manufacturing metrology II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Vorlesung Fertigungsmesstechnik II (4 SWS) Übung: Fertigungsmesstechnik II - Übung (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte Mingshuai Su Lorenz Butzhammer Marta Caballero Tellez	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	Taktile Formmesstechnik: 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 Bildverarbeitungssysteme: Messmikroskope, Profilprojektoren und Scanauge, Bildverarbeitungssystem (Prinzipieller Aufbau, Messen im Bild, Messen am Bild), Beleuchtung (Auflicht, Hintergrund, Hellfeld, Dunkelfeld, kollimiert, koaxial, diffus), Beobachtungsstrahlengänge (Geometrische Optik, lateraler und axialer Abbildungsmaßstab, Schärfentiefe, Scheimpflug-Prinzip, telezentrische Abbildung), Schattenwurfssysteme, Bildverarbeitung (Operationen, Prinzipien) Optische Oberflächenmesstechnik: 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, 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, Phasenschiebeinterferometer, 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, Spezifikation von Oberflächenformtoleranzen, Messung der Oberflächenformabweichungen (Passe) mit Probegläsern, Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen, Messung geometrischer Spezifikationen

Mikro- und Nanomesstechnik: Positioniersysteme (Führungen und Antriebe, Gewichtskraftkompensation), metrologischer Rahmen und Gerätekoordinatensysteme, Antastprinzipien und Messsystem (Rasterelektronenmikroskop, Rastertunnelmikroskop, Rasterkraftmikroskope, Nahfeldmikroskope, mikrotaktile Antastung),

		Mikro- und Nanokoordinatenmesssysteme, Einflussgrößen, Kalibrierung und Rückführung Filter: 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)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden kennen relevante Definitionen, Fachbegriffe und Kriterien der Fertigungsmesstechnik. • Die Studierenden können einen Überblick zur Gerätetechnik der Fertigungsmesstechnik sowie deren Funktionsweise und Einsatzgebiete wiedergeben • Die Studierenden wissen um die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen. Fachkompetenz Verstehen • Die Studierenden sind in der Lage die, den vorgestellten Messgeräten der Fertigungsmesstechnik, zugrundeliegenden Messprinzipien in eigenen Worten zu erläutern. • Die Studierenden können Messaufgaben beschreiben und interpretieren, und Schwachstellen in der Planung und Durchführung erkennen. • Die Studierenden können Messergebnisse und die zugrunde liegenden Verfahren angemessene kommunizieren und interpretieren. Fachkompetenz Anwenden • Die Studierenden können eigenständig geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik auswählen. • Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben transferieren. Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) • Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und strukturell analysieren. • 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. Fachkompetenz Erschaffen • Die Studierenden können die Eignungsuntersuchungen verschiedener Messprinzipien zur Erfüllung neuer

		Messaufgaben erstellen und auf deren Basis adaptierte Messsysteme konzipieren.
7	Prerequisites	Eine Teilnahme an der Lehrveranstaltung "Fertigungsmesstechnik 1" wird empfohlen, ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	• International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html • 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 • 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 • Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 ISBN 978-3-937889-51-2 • Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 ISBN 3-478-93212-2 • Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 • Hausotte, Tino: Nanopositionier- und Nanomessmaschinen - Geräte für hochpräzise makro- bis nanoskalige Oberflächen- und Koordinatenmessungen. Pro Business Verlag, 2011 - ISBN 978-3-86805-948-9 • David J. Whitehouse: Handbook of Surface and Nanometrology, Crc Pr Inc., 2010 - ISBN 978-1420082012

1	Module name 96930	Rechnergestützte Messtechnik Computer-aided metrology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Rechnergestützte Messtechnik - Übung (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Rechnergestützte Messtechnik (4 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Yujie Zhong Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	*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 *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-Spannungswandler, Differenzverstärker, Integrierer, Differenzierer, invertierender Addierer, Subtrahierer, Logarithmierer, e-Funktionsgeneratoren, Instrumentenverstärker) OPV mit differentiellen Ausgang analoge Filter (Tiefpassfilter, Hochpassfilter, Bandpassfilter, Bandsperrfilter, Bodeplot, Phasenschiebung, aktive analoge Filter) Messsignalübertragung (Einheitssignale, Anschlussvarianten) Spannungs-Frequenz-Wandler Galvanische Trennung und optische Übertragung Modulatoren und Demulatoren Multiplexer und Demultiplexer Abtast-Halte-Glied *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)

Verarbeitung digitaler Signale: digitale Codes Schaltnetze (Kombinatorische Schaltungslogik) Schaltalgebra und logische Grundverknüpfungen Schaltwerke (Sequentielle Schaltnetze) 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, Arbitrator, 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-Dezimierer, 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 *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 *Circuit and PCB design:* Printed circuit boards (PCB) PCB material PCB types Vias PCB design and deconcentration Software PCB production
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden können einen Überblick zur rechnergestützten Messtechnik sowie deren Einsatzgebiete wiedergeben. • Die Studierenden können Wissen zur rechnergestützten Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und visualisierung als Grundlage für zielorientierte, effiziente Entwicklung und für kontinuierliche Produkt- und Prozessverbesserung abrufen Verstehen • ◦ Die Studierenden können rechnergestützte Werkzeuge für die Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und -visualisierung auswählen und bewerten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in summer semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html

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

Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser
Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5

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

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

Best, Roland: Digitale Meßwertverarbeitung. Oldenbourg München,
1991 - ISBN 3-486-21573-6.

E DIN IEC 60050-351:2013-07 International Electrotechnical Vocabulary
Part 351: Control technology / Internationales Elektrotechnisches
Wörterbuch - Teil 351: Leittechnik.

DIN 44300:1982-03 Informationsverarbeitung; Begriffe.

DIN 44300-1:1995-03 Informationsverarbeitung - Begriffe - Teil 1:
Allgemeine Begriffe.

DIN 40900-12:1992-09 Graphische Symbole für Schaltungsunterlagen;
Binäre Elemente.

1	Module name 97247	Fertigungsmesstechnik I Manufacturing metrology I	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	- 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 - 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 und Kriechen; Maßverkörperungen: Parallelendmaße, Fühlerlehren, Grenzrachenlehren

- 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 Lasermoden),

- Resonatoranordnungen, Gauß-Strahlen, Transformation von Gauß-Strahlen (dünne Linsen), He-Ne-Laser (Energiezustände, Aufbau, Prinzip, Verstärkungskurve und Lasermode, Frequenzstabilität), Methoden zur Stabilisierung von He-Ne-Lasern (Lamb-dip, externe Absorptionszelle, Intensitätsgleichheit bei Zeeman-Aufspaltung, Intensitätsgleichheit orthogonal linear polarisierter Mode), 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; Allgmeintoleranzen, 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° 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	Learning objectives and skills	Wissen - Die Studierenden können die Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Fertigungsmesstechnik darlegen. - Die Studierenden können die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen Größen an Werkstücken nennen. - Die Studierenden können Messaufgaben, deren Durchführung und Auswertung von Messungen beschreiben. Verstehen - Die Studierenden können Messergebnisse und das zugrunde liegenden Verfahren angemessen kommunizieren und interpretieren. Anwenden - Die Studierenden können Messaufgaben durch das Erlernte implementieren. - Die Studierenden können geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik eigenständig auswählen. Analysieren - Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und analysieren. - Die Studierenden können Schwachstellen in der Planung und Durchführung selbstständiges erkennen. - Die Studierenden können Messergebnissen aus dem Bereich der Fertigungsmesstechnik bewerten
7	Prerequisites	Für eine optimale Vorbereitung empfiehlt sich eine Belegung des Moduls "Grundlagen der Messtechnik". Dies ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung für das Modul "Fertigungsmesstechnik I".
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	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 • 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 • 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 • Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 ISBN 978-3-937889-51-2 • Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 ISBN 3-478-93212-2 • Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmessstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 ISBN 3-478-93264-5 • Joza, Jan: Messen großer Längen. VEB Verlag Technik Berlin, 1969 • Henzold, Georg: Form und Lage. 3. Auflage, Beuth Verlag GmbH Berlin, 2011 ISBN 978-3-410-21196-9 • Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 • *Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik* • [Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall]http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0 • [Multisensor-Koordinatenmesstechnik]http://www.koordinatenmesstechnik.de/ • [E-Learning Kurs AUKOM Stufe 1]http://www.aukom-ev.de/deutsch/elearning/content.html

1	Module name 97248	Prozess- und Temperaturmesstechnik Process and temperature metrology	5 ECTS
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	• 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 Mechanische Berührungsthermometer Widerstandsthermometer (Pt100, NTC, PTC, Kennlinie, Messschaltungen) Thermoelemente (Grundlagen, Aufbau, Vergleichsstelle, Bauformen) Spezielle Temperaturmessverfahren (Rauschtemperaturmessung, Quarz-Thermometer) Strahlungsthermometer (Grundlagen, Prinzip, Schwarzer Strahler) • Wägetechnik: Messgrößen Masse und Gewicht, Prototypen, Rückführung und Masseableitung, Neudefinition des kg, Einflüsse auf Massenmessung, Balkenwaagen, Federwaagen, Elektromagnetische Kraftkompensationswaage, Komparatoren • Messen der Dichte: Messgröße Dichte, Einteilung der Dichtemessverfahren, Messverfahren für feste, flüssige und gasförmige Stoffe • Messen des Druckes: Messgröße Druck, Einteilung der Druckmessverfahren, Druckwaagen, Flüssigkeitsmanometer und Barometer, federelastische Druckmessgeräte, Druckmessumformer, Druckmittler, piezoelektrische Druckmessgeräte • Messen des Durchflusses: Messgröße Durchfluss, Einteilung der Durchflussmessverfahren, Volumetrische Messverfahren, Massendurchflussmessung • Messen des Füllstandes und Grenzstandes: Grundlagen (Messgrößen Füllstand und Grenzstand, Behälter, Einteilung), Messverfahren • Messen der Feuchte: Grundlagen (Messgröße Feuchte), Gasfeuchtemessung, Materialfeuchtemessung

		Content: • 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 • 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 • Measurement of density: Measurand density, Classification of density measurement methods, measurement procedures for solid, liquid and gaseous substances • 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 • Measurement of flow: Measurand flow, Classification of flow measurement methods, Volumetric measurement methods, Mass flow measurement • Measurement of filling level and limit state: Fundamentals (Measurands filling level and limit state, tanks, classification), Measuring methods • Measurement of humidity: Fundamentals (Measurand humidity), Gas humidity measurement, Material humidity measurements
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden kennen die Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Prozessmesstechnik. • Die Studierenden können Messaufgaben, die Durchführung und Auswertung von Messungen beschreiben. Verstehen • Die Studierenden können Messergebnissen und der zugrundeliegenden Verfahren angemessen kommunizieren und interpretieren.

		- Die Studierenden verstehen die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von nicht-geometrischen Prozessgrößen. Anwenden - Die Studierenden können Messaufgaben in den genannten Bereichen analysieren und beurteilen. - Die Studierenden können Messergebnissen aus dem Bereich Prozessmesstechnik bewerten. - Die Studierenden können geeignete Verfahren im Bereich Prozess- und Temperaturmesstechnik eigenständig auswählen. Analysieren - Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben übertragen.
7	Prerequisites	Der Besuch der Grundlagen-Vorlesungen [Grundlagen der Messtechnik] (GMT) wird empfohlen.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Written examination (60 minutes)
11	Grading procedure	Written examination (100%)
12	Module frequency	Only in winter semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	- Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5 - Bernhard, Frank: Technische Temperaturmessung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004 ISBN 3-540-62672-7 - Freudenberger, Adalbert: Prozeßmeßtechnik. Vogel Buchverlag, 2000 ISBN 978-3802317538 - 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 - 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 *Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik*

	• [Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall!]http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0

1	Module name 607629	Hauptseminar Messtechnik Advanced seminar Manufacturing metrology	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Hauptseminar Fertigungsmesstechnik (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	Contents	*Ablauf des Seminars* [*1. Voranmeldung StudOn*] • ◦ Die Anmeldung zum Hauptseminar erfolgt in der Regel am Anfang des Semsters. Ausnahmen sind möglich. ◦ Hierfür wird eine Liste der Seminarthemen mit zugeordnete StudOn-Gruppen bereit gestellt. ◦ Die Anmeldung zu einem bestimmten Thema erfolgt durch selbstständige Anmeldung zur zugeordneten StudOn-Gruppe. ◦ Kontakt mit dem Betreuer innerhalb der ersten Woche nach anmeldung notwendig. ◦ Klärung von Ziel, Auftrag und Kontext. ◦ Recherche, Auswahl der Informationen. ◦ Grobe Ablaufplanung der Präsentation (Begrüßung und Themenübersicht, Einstieg ins Thema, Transport der Inhalte, Themenbegrenzung), Ausstieg, Fragen und Diskussion). ◦ Feine Ablaufplanung: Detaillierung der Inhalte (Sinnvolle Gliederung, Inhaltlichen Fortgang visualisieren, Zum Thema immer wieder zurückkehren, Gedankensprünge vermeiden, Foliensprünge vermeiden, Layout für den roten Faden", Ringschluss zwischen Anfang und Ende schaffen). ◦ Erstellen der Präsentation (Vorlage auf StudOn beachten). ◦ Terminplan der Präsentationen wird vom Koordinator festgelegt und per E-Mail mitgeteilt (Termine sind in der Regel gegen Ende der Vorlesungszeit). Ausnahmen sind möglich. ◦ Termin zur Abgabe der Präsentation: eine Woche vor dem Präsentationstermin. ◦ Durchführung der Präsentation (Präsentationsdauer 20 min. + 10 min. Diskussion) ◦ Teilnahme an 5 weiteren Vorträgen. ◦ Notenbekanntgabe direkt nach der Präsentation. ◦ Koordinator schickt den ausgestellten Schein direkt an das Prüfungsamt. ◦ Auf Anfrage Feedback vom Betreuer (sofern gewünscht).
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden: • erlangen grundlegender Kenntnisse in Recherche, Themenaufbereitung und Präsentationstechniken,

		• erarbeiten Schwerpunkte technischer Zusammenhänge bei einem gegebenen Thema, • vertiefen eigenständig einen technischen Schwerpunkt an Hand eines konkreten Beispiels der Fertigungsmesstechnik, • erlernen die Fähigkeit, sich in unbekannte Probleme einzuarbeiten und diese verständlich zu präsentieren, • erlernen die Fähigkeit, als Zuhörer aktiv Fragen zu formulieren und technische Sachverhalte zu diskutieren,
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	Method of examination	Variable Die Gesamtmodulnote errechnet sich aus der Vortragsleistung. Im Zuge des Hauptseminars ist ein Thema auszuarbeiten und in einem 20 minütigem Vortrag zu präsentieren. Für das Bestehen des Moduls sind zusätzlich 5 Vorträge anzuhören. Die möglichen Themen werden auf StudOn bereitgestellt. Die Vortragsdauer beträgt 20 Minuten mit anschließender 10 minütiger Diskussion.
11	Grading procedure	Variable (100%) Vortrag, 100%
12	Module frequency	Every semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 semester
15	Teaching and examination language	german
16	Bibliography	