Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Module description

for the degree programme

Master of Science Materials Science and Engineering

(Version of examination regulation: 20232)

Table of contents

Master thesis (M.Sc. Materials Science and Engineering 20232) (1999)..... 6
Scientific Project (46218).....8
Soft Skills (46217)..... 11
General Materials Properties
Applied fundamentals (46201)..... 15
High-temperature materials (46203)..... 18
Iron and steel materials (46208).....20
Material characterization (46207).....22
Micro and macroscopic mechanical properties (46202).....25
Tribiology, surface finishing and damage analysis (46248)..... 27
Materials Science and Engineering for Metals
Additive Manufacturing (46213)..... 31
Metallic Materials: Fundamentals and Technologies (46211).....32
Metallic Materials in Automotive Engineering (46214).....35
Metallic Materials: New Processes, Technologies and Materials (46212).....37
Powder Metallurgy (46216)..... 39
Surface Technology (46215)..... 41
Glass and Ceramics
Ceramic materials: Foundations and technologies (46221).....44
Ceramic materials: Processing and properties (46222).....48
Functional ceramics I (46223).....50
Functional ceramics II (46224).....52
Functional ceramics III (46225).....54
Glass I (46228).....56
Glass II (46229).....58
Porous and cellular ceramics I (46226)..... 60
Porous and cellular ceramics II (46227)..... 62
Seminar module (46233).....64
Surface Science and Corrosion
Fundamentals of electrochemistry - Advanced (46236).....67
Laboratory course: Corrosion and surface analysis (46235)..... 70
Surface analysis I (46237)..... 72
Surface analysis II (46238)..... 75
Surface technology and electrochemistry (46234).....78
Polymer Materials
Applications of polymers I (46244).....85
Applications of polymers II (46245).....87
Polymers (46241)..... 89
Rheology (46243)..... 91
Specialization: Polymers (46242).....93
Materials for Electronics and Energy Technology
Advanced semiconductor technologies - Photovoltaic systems I - Fundamentals (46257).....96
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors III: Processing (46256).....98
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors II: Processing (46255).....101
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors I: Materials - nanocrystals (46254).....104
Crystal growth 2 (46258).....106

Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light conversion and light management (46253)....108
Semiconductor devices and applications (46252)....111
Semiconductor fundamentals, characterization, materials & processing (46251)....113
Biomaterials
Advanced applications: Biofabrication and drug delivery (46265)....117
Advanced applications: Composites and surfaces (46266)....120
Advanced applications: Tissue engineering (46264)....125
Basics of biomaterials (46263)....128
Foundations of anatomy and physiology (22802)....132
Materials Simulation
Discrete and continuum simulation (46272)....135
Foundations of materials simulation (46271)....137
Foundations of phase field modelling (46276)....139
Materials informatics (46274)....140
Material theory (46273)....141
Microstructure modeling (46275)....142
Micro- and Nanostructure Research
3D characterization in materials science (46284)....145
Applied micro- and nanostructure research (46282)....147
Fundamentals of micro- and nanostructure research (46281)....149
Scanning electron microscopy in materials science and nanotechnology (46283)....151
Scattering methods for nanostructured materials (46285)....153
General Materials Properties
Applied fundamentals (46201)....156
Iron and steel materials (46208)....159
Material characterization (46207)....161
Tribiology, surface finishing and damage analysis (46248)....164
Materials Science and Engineering for Metals
Additive Manufacturing (46213)....168
Metallic Materials: Fundamentals and Technologies (46211)....169
Metallic Materials in Automotive Engineering (46214)....172
Metallic Materials: New Processes, Technologies and Materials (46212)....174
Powder Metallurgy (46216)....176
Surface Technology (46215)....178
Glass and Ceramics
Ceramic materials: Foundations and technologies (46221)....181
Ceramic materials: Processing and properties (46222)....185
Functional ceramics I (46223)....187
Functional ceramics II (46224)....189
Functional ceramics III (46225)....191
Glass I (46228)....193
Glass II (46229)....195
Porous and cellular ceramics I (46226)....197
Porous and cellular ceramics II (46227)....199
Seminar module (46233)....201
Surface Science and Corrosion
Fundamentals of electrochemistry - Advanced (46236)....204
Laboratory course: Corrosion and surface analysis (46235)....207
Surface analysis I (46237)....209
Surface analysis II (46238)....212
Surface technology and electrochemistry (46234)....215
Polymer Materials

Applications of polymers I (46244)....222
Applications of polymers II (46245)....224
Polymers (46241)....226
Rheology (46243)....228
Specialization: Polymers (46242)....230
Materials for Electronics and Energy Technology
Advanced semiconductor technologies - Photovoltaic systems I - Fundamentals (46257)....233
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors III: Processing (46256)....235
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors II: Processing (46255)....238
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors I: Materials - nanocrystals (46254)....241
Crystal growth 3 (46262)....243
Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light conversion and light management (46253)....244
Semiconductor devices and applications (46252)....247
Semiconductor fundamentals, characterization, materials & processing (46251)....249
Biomaterials
Advanced applications: Biofabrication and drug delivery (46265)....253
Advanced applications: Composites and surfaces (46266)....256
Advanced applications: Tissue engineering (46264)....261
Basics of biomaterials (46263)....264
Foundations of anatomy and physiology (22802)....268
Materials Simulation
Discrete and continuum simulation (46272)....271
Foundations of materials simulation (46271)....273
Foundations of phase field modelling (46276)....275
Materials informatics (46274)....276
Material theory (46273)....277
Microstructure modeling (46275)....278
Micro- and Nanostructure Research
3D characterization in materials science (46284)....281
Applied micro- and nanostructure research (46282)....283
Fundamentals of micro- and nanostructure research (46281)....285
Scanning electron microscopy in materials science and nanotechnology (46283)....287
Scattering methods for nanostructured materials (46285)....289
Elective
3D characterization in materials science (46284)....292
Additive Manufacturing (46213)....294
Advanced applications: Biofabrication and drug delivery (46265)....295
Advanced applications: Composites and surfaces (46266)....298
Advanced corrosion science (46288)....303
Advanced semiconductor technologies - Photovoltaic systems I - Fundamentals (46257)....306
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors III: Processing (46256)....308
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors II: Processing (46255)....311
Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors I: Materials - nanocrystals (46254)....314
Applications of polymers I (46244)....316

Applications of polymers II (46245)....318
Body construction - Product forming and corrosion protection (95380)....320
Body construction - Tool technology (95370)....322
Computer science for engineers I (97080)....323
Crystal growth 1 (46259)....326
Crystal growth 3 (46262)....329
Data science for electron microscopy and machine learning in microscopy (46239)....330
Elective module polymers (46247)....331
Forming and process technologies (861589)....333
Forming technologies: Machines and tools (95150)....334
Foundations of phase field modelling (46276)....336
Functional ceramics I (46223)....337
Functional ceramics II (46224)....339
Functional ceramics III (46225)....341
Fundamentals of coordinate measurement technology (97085)....343
Glass I (46228)....345
Glass II (46229)....347
Iron and steel materials (46208)....349
Material characterization (46207)....351
Materials informatics (46274)....354
Material theory (46273)....355
Metallic Materials in Automotive Engineering (46214)....356
Microstructure modeling (46275)....358
Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light conversion and light management (46253)....360
Porous and cellular ceramics I (46226)....363
Porous and cellular ceramics II (46227)....365
Powder Metallurgy (46216)....367
Processing of polymer materials (46246)....369
Rheology (46243)....371
Scanning electron microscopy in materials science and nanotechnology (46283)....373
Scattering methods for nanostructured materials (46285)....375
Semiconductor devices and applications (46252)....377
Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I) (92521)....379
Semiconductor technology V - Semiconductor and component measurement technology (HL V) (92525)....381
Seminar module (46233)....383
Seminar: Physics in medicine (67164)....385
Surface analysis I (46237)....386
Surface analysis II (46238)....389
Surface Technology (46215)....392
Technical product design (97110)....394
Technologie der Verbundwerkstoffe (46900)....399
Transmission electron microscopy in materials science I (46286)....401
Transmission electron microscopy in materials science II (46287)....403
Tribiology, surface finishing and damage analysis (46248)....405

1	**Module name** 1999	**Master thesis (M.Sc. Materials Science and Engineering 20232)**	**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**	Frederik Leikauf
5	**Contents**	The master's thesis module consists of the master's thesis (27 ECTS credits) and a presentation followed by a discussion (3 ECTS credits). The two graded parts of the examination are to be considered with the following weighting when determining the overall grade of the module: Master's thesis 90% and presentation with discussion 10%. The presentation has a duration of approx. 30 minutes and presents the master's thesis and its results, followed by a discussion. The master's thesis serves to demonstrate the ability to independently work on scientific tasks in nanotechnology; it usually deals with a scientific one Topic from the core subject. . The master's thesis is supplemented by a 30-minute presentation in which the Master's thesis and its results are presented and a subsequent discussion.
6	**Learning objectives and skills**	The master's thesis serves to demonstrate the ability to independently work on scientific tasks in materials science and engineering. It usually deals with a scientific topic from one of the three core subjects. The requirements must be such that it can be completed within 6 months with a processing time of approx. 825 hours. Section 42 (2) FPO applies accordingly. The master's thesis is to be written in English. **The students** • acquire the ability to deal with a scientific question in the field of nanotechnology to pursue a longer period of time, the relevant subject independently and within to be processed within a specified period • develop independent ideas and concepts for solving scientific problems from the nanotechnology • go in-depth and critically with theories, terminology, specifics, limitations and doctrines and reflect on them • are able to independently apply and further develop suitable scientific methods and to present the results in a scientifically appropriate form

		• can present subject-related content clearly and in a way that is appropriate for the target group, both verbally and in writing, and represented argumentatively • expand their planning and structuring skills in the implementation of a thematic project
7	**Prerequisites**	**Requirements for admission to the master’s thesis are:** 1. the acquisition of at least 60 ECTS points in the master's program and 2. Submission of relevant evidence if access to the master's program was granted subject to conditions pursuant to Section 29, Paragraph 2, clause 2 of the ABMPO/TechFak. - In particularly justified.
8	**Integration in curriculum**	semester: 4
9	**Module compatibility**	Pflichtmodul Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral (30 minutes) Written (6 Monate)
11	**Grading procedure**	Oral (10%) Written (90%)
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: 75 h Independent study: 825 h
15	**Module duration**	1 semester
16	**Teaching and examination language**	english
17	**Bibliography**	

1	**Module name** 46218	**Wissenschaftliches Projekt** Scientific Project	**15 ECTS**
2	Courses / lectures	Seminar: Hauptseminar M12-MWT/NT WTM (4 SWS)	5 ECTS
		Masterseminar: Hauptseminar M12-MWT/NT-WW5 (2 SWS)	5 ECTS
		Seminar: Hauptseminar M12 (Kernfachseminar) für MWT und NT LS WW 1 (2 SWS)	3 ECTS
		Seminar: Literature research and working techniques M12-MWT-WW3 (10 SWS)	10 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Literaturrecherche und Arbeitstechniken M12-MWT-WW4 (8 SWS)	10 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Hauptseminar Mastermodul M12-WW4 LKO (5 SWS)	4 ECTS
		Hauptseminar: Hauptseminar MWT/NT-M12-WW7 (4 SWS)	5 ECTS
		Sonstige Lehrveranstaltung: Literaturrecherche und Arbeitstechniken für MWT, M12-MWT-WW1 (0 SWS)	10 ECTS
		Seminar: Hauptseminar MWT/NT M12-WW6 (4 SWS)	5 ECTS
		Kurs: Literaturrecherche und Arbeitstechniken M12-MWT-WW5 (10 SWS)	10 ECTS
		Vorlesung: Literaturrecherche und Arbeitstechniken M12-MWT-WW8 (8 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert Dr.-Ing. Joachim Kaschta Dr.-Ing. Steffen Neumeier Dr. Frank Wendler PD Dr. Paolo Moretti	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Mathias Göken
5	**Contents**	Zweigeteiltes Modul, bestehend aus Literaturrecherche und Projektarbeit und dem Hauptseminar Muss in einem Kernfach belegt werden, in dem mindestens 25 ECTS erbracht wurden und in dem die Masterarbeit geschrieben werden soll. Wahl des Themas des Wissenschaftlichen Projekts bestimmt die Thematik der Masterarbeit (siehe FPO MWT § 44c, FPO NT) Qualifikationsziel: Studierende sollen in einem relevanten Forschungsaspekt für die Masterarbeit eigenständig wissenschaftlich und technologisch relevante Informationen aus der Fachliteratur sammeln, diese bewerten, interpretieren und gut verständlich zusammenfassen Literaturrecherche und Projektarbeit:

		Im Selbststudium erbrachte Leistung der Studierenden, die durch einen Betreuer am jeweiligen Lehrstuhl angeleitet wird. Das Projekt wird mit einer ca. 10-seitigen unbenoteten Studienarbeit abgeschlossen. **Hauptseminar:** Das Hauptseminar entspricht dem Kernfachseminar der alten FPO. Es soll wie die Projektarbeit an dem Lehrstuhl belegt werden, in dem die Masterarbeit geschrieben wird. Die Studierenden sollen im Hauptseminar einen 30minütigen benoteten Vortrag halten, in dem sie die Ergebnisse ihrer Literaturarbeit bzw. den Stand ihrer Masterarbeit präsentieren. Die Vortragsnote entspricht der finalen Modulnote. ---------- Two-part module consisting of literature research and project work and the main seminar Must be taken in a core subject in which at least 25 ECTS have been earned and in which the master's thesis is to be written. The choice of the topic of the scientific project determines the topic of the master's thesis (see FPO MWT § 44c, FPO NT) Qualification objective: Students should independently collect scientifically and technologically relevant information from the specialist literature in a relevant research aspect for the master's thesis, evaluate it, interpret it and summarize it in a way that is easy to understand **Literature research and project work:** Achievement achieved by the students in self-study, which is guided by a supervisor at the respective chair. The project is completed with an approximately 10-page ungraded study paper. **Main seminar:** The main seminar corresponds to the core subject seminar of the old FPO. It should be documented like the project work at the chair in which the master's thesis is written. In the main seminar, the students should give a 30-minute graded lecture in which they present the results of their literature work or the status of their master's thesis. The lecture grade corresponds to the final module grade.
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) Studierende können in einem relevanten Forschungsaspekt für die Masterarbeit eigenständig wissenschaftlich und technologisch relevante Informationen aus der Fachliteratur sammeln, diese bewerten, interpretieren und gut verständlich in Form einer Projektarbeit und eines Seminarvortrags zusammenfassen. ---------- professional competence Evaluate (assess)

		In a relevant research aspect for the master's thesis, students can independently collect scientifically and technologically relevant information from the specialist literature, evaluate and interpret it and summarize it in a way that is easy to understand in the form of a project work and a seminar presentation.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 3
9	**Module compatibility**	Pflichtmodul Master of Science Materials Science and Engineering 20232
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: 420 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46217	**Softskills** Soft Skills	**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**	Frederik Leikauf
5	**Contents**	**Präsentationstechnik** Zu Anfang dieser Lehrveranstaltung werden allgemeine Kenntnisse vermittelt u.a. zu Folien- und Postergestaltung, wissensch. Abstracts und Stimmbildung. Im Folgenden werden in Übungsgruppen anhand von Kurzvorträgen wissenschaftliche Ergebnisse und Erkenntnisse in einer Thematik des Masterstudiums eigenständig vor der Gruppe präsentiert und diskutiert (zwei Präsentationen von je 6 Minuten plus Fragen). Zum Ende der Veranstaltung wird von den Studierenden ein selbständig organisiertes Mini-Symposium abgehalten bei dem die Studierenden Vorträge (12 Minuten) bzw. Poster präsentieren. Die Vorträge/Poster werden in englischer Sprache gehalten . Die genauen Abläufe werden in der Auftaktveranstaltung erklärt. Exkursionen In der Exkursion werden verschiedene Aspekte der industriellen Umgebung im Bereich der Werkstofftechnologie oder Nanotechnologie kennengelernt. **Presentation Technique** At the beginning of this course, general knowledge will be taught about slide and poster design, scientific abstracts and voice training. In the following, students will independently present and discuss scientific results and findings in a topic of the Master's program in practice groups on the basis of short presentations (two presentations of 6 minutes each plus questions). At the end of the course, students will hold an independently organized mini-symposium where they will present papers (12 minutes) or posters. The exact procedures will be explained in the kick-off meeting. **Excursions** Excursions are used to get to know different aspects of the industrial environment in the field of materials technology or nanotechnology.
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden** • können selbständig aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse und Erkenntnisse in einer Thematik des Masterstudiums (im Bereich der Materialwissenschaft oder im Bereich der Nanotechnologie) präsentieren und in der Gruppe diskutieren; • können freie Vorträge über aus der Literatur erarbeiteten Wissensstoff halten; • stärken ihre Selbst- und Sozialkompetenz, indem einerseits ein Fachthema für ein Fachpublikum auf Masterniveau

		aufbereitet, dargestellt und zielgruppenadäquat präsentiert wird und andererseits in einer Gruppe gemeinsam und unter Anleitung fachnahe Anwendungen sowie Realisierungsmöglichkeiten diskutiert werden; schärfen durch die Wahlfreiheit der Exkursionen ihr Profil im Hinblick auf ihr angestrebtes zukünftiges Berufsfeld und/oder ihre Persönlichkeit **The students** • can independently present current scientific results and findings in a topic of the Master's program (in the field of materials science or in the field of nanotechnology) and discuss them in a group • can give free lectures on knowledge material acquired from the literature; • strengthen their self- and social competence by preparing and presenting a subject for a professional audience on master's level and by discussing in a group and under guidance subject-related applications as well as realization possibilities; • sharpen their profile with regard to their desired future professional field and/or their personality through the freedom of choice of the excursions.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 3
9	**Module compatibility**	Pflichtmodul Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Seminar achievement Organisatorisches: Exkursionen werden entweder auf den Homepages oder durch Aushänge der Lehrstühle des Departments Werkstoffwissenschaften angeküdigt.
11	**Grading procedure**	Seminar achievement (100%) Präsentationstechnik: ein Vortrag (20 Min.) 2 Exkursionen: Die Nachweise der Exkursionen müssen im SSC des Dep. WW abgegeben werden. Presentation technique:a lecture (20 min.) 2 Field trips: Evidence of the excursions must be in the SSC of the Dep. WW will be given.
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**	

General Materials Properties

1	**Module name** 46201	**Angewandte Grundlagen** Applied fundamentals	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Angewandte Grundlagen der Werkstoffwissenschaften 2 (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Structural Materials I (2 SWS) Übung: Structural Materials I - Exercise (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Übungen zu Angewandte Grundlagen der Werkstoffwissenschaften 2 (2 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 3 ECTS 2,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Mathias Göken Prof. Dr. Peter Felfer Heinz Werner Höppel Dr.-Ing. Steffen Neumeier Dr. Michael Wurmshuber	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Mathias Göken
5	**Contents**	*Angewandte Grundlagen I+II, V, 2x2 SWS, 5 ECTS* Blickpunkt steht die Beziehung zwischen Mikrostruktur / Aufbau der Werkstoffe und ihren mechanischen Eigenschaf-ten. Hierzu werden grundlegende Verformungs- und Schädigungsmechanismen besprochen und auf technisch relevante Legierungen übertragen. Die Inhalte im Einzelnen: • Mechanische Eigenschaften (Ein- und Vielkristallverformung, Verformungsmechanismen) • Bruchmechanik (Grundlagen, Anwendungen) • mikrostruktureller und atomarer Aufbau auf unterschiedlichen Längenskalen sowie die daraus ableitbare Eigenschaften) • Verbundwerkstoffe • Simulationstechniken und deren Anwendung • Phasenumwandlungen und Ausscheidungskinetik *Übungen zu Angewandten Grundlagen I+II, 2x2 SWS, 5 ECTS* Anhand von Übungsaufgaben werden die Vorlesungsinhalte der VL Angewandte Grundlagen vertieft. Themenschwerpunkte: • Simulationstechniken • Verformungsmodelle • Ausscheidungskinetik • Experimentelle Techniken • Bruchmechanik Structural Materials (Applied Fundamentals) I+II, V, 2x2 SWS, 5 ECTS The focus is on the relationship between microstructure / structure of materials and their mechanical properties. Basic deformation and damage mechanisms are discussed and applied to technically relevant alloys. The contents in detail: • Mechanical properties (single and multi-crystal deformation, deformation mechanisms) • Fracture mechanics (fundamentals, applications)

		• microstructural and atomic structure on different length scales and the properties that can be derived from them) • composite materials • simulation techniques and their application • phase transformations and precipitation kinetics Exercises on Structural Materials (Applied Fundamentals) I+II, 2x2 SWS, 5 ECTS • The lecture contents of the lecture Applied Fundamentals are deepened by means of exercises. Main topics: • Simulation techniques • deformation models • Precipitation kinetics • Experimental techniques • Fracture mechanics
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz* Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen • können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • verstehen die Vorgänge und Eigenschaften von Werkstoffen auf verschiedenen Größenskalen • erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukturen • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären • wenden und beurteilen Simulationsmethoden und können diese klassifizieren • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials • can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams • deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms

		• can develop and verify structure-property correlations • independently evaluate structure-property relationships using examples • understand the processes and properties of materials on different size scales • acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials, characterize different structures • deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and can explain them • apply and evaluate simulation methods and can classify them • deepen the learned contents by exercises and practical training • learn and apply new methods • *Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • Simulationstechniken • Materialwissenschaftliche Lösungsstrategien Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired: • Simulation techniques • Material science solution strategies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (30 min.) oral exam (30 minutes)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46203	**Hochtemperaturwerkstoffe** High-temperature materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum: Hochtemperaturwerkstoffe (3 SWS) Vorlesung mit Übung: High-Temperature Materials and Intermetallics (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Steffen Neumeier	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Steffen Neumeier
5	**Contents**	*Hochtemperaturwerkstoffe und Intermetallische Phasen, V, 2 SWS, 2 ECTS* • Grundlagen der Hochtemperaturverformung • Struktur und Eigenschaften Intermetallischer Phasen • Vorstellung unterschiedlicher Werkstoffgruppen (Nickel- und Cobaltbasis-Superlegierungen, TiAl, FeAl, Oxidationsschutzschichten, Hochtemperaturstähle) mit ihren jeweiligen Eigenschaften und Anwendungen • aktuelle Entwicklungen in diesem Gebiet *Praktikum, 3 SWS, 3 ECTS* • Ausscheidungsvorgänge in Metallen • Diffusionsvorgänge Content: • High temperature materials and intermetallic phases, V, 2 SWS, 2 ECTS • Fundamentals of high temperature deformation • Structure and properties of intermetallic phases • Presentation of different material groups (nickel and cobalt based superalloys, TiAl, FeAl, oxidation protection coatings, high temperature steels...) with their respective properties and applications • current developments in this field practical course, 3 SWS, 3 ECTS • Precipitation processes in metals • Diffusion processes
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und dem Werkstoffverhalten bei hohen Temperaturen • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an

		• erlernen und verstehen Vorgänge bei Hochtemperaturbelastung und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für HT-Anwendungen Lern- bzw. Methodenkompetenz Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • Grundlegende Experimentiertechniken • Grundlegende Mikroskopiertechniken Learning objectives and competences: • Technical competence Evaluate (judge) The students • deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials • deepen their knowledge of mechanical properties and material behavior at high temperatures • deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain them • deepen their knowledge through exercises and practical training • learn and apply new methods • learn and understand processes at high temperatures and evaluate criteria for the selection of materials and coatings for HT applications Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired: • Basic experimental techniques • Basic microscopy techniques
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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**	

1	**Module name** 46208	**Eisen- und Stahlwerkstoffe** Iron and steel materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Iron and Steel I (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Peter Felfer	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Peter Felfer
5	**Contents**	Eisen- und Stahlwerkstoffe I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS • Grundlagen der Stahlherstellung • Grundlagen der Wärmebehandlungen • Eigenschaften und Anwendung der verschiedenen Stahlklassen • Schweißmetallurgie • Eigenschaften und Anwendungen von Eisengusswerkstoffen Content: Iron and steel materials I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS • Basics of steel production • Basics of heat treatments • Properties and application of the different steel classes • Welding metallurgy • Properties and applications of iron casting materials
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe Eisen und Stahl und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen bei Stählen • können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen bei Stählen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären *Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • ° deepen their knowledge of the diverse structural compositions of iron and steel materials and are able to evaluate them

		◦ deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials ◦ can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams ◦ deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms of steels ◦ can develop and check structure-property correlations for steels ◦ independently assess structure-property relationships using examples ◦ deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain these relationships. ◦ Basic experimental techniques
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46207	**Materialcharakterisierung** Material characterization	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Atom Probe Tomography (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Anforderungen der Industrie an Werkstoffingenieure (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Atomsondenmikroskopie_School (1 SWS) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbesprechung Praktika in Mastermodulen WW 1 inkl. Sicherheitsbelehrung (0 SWS) Übungsseminar: Quantitative Gefügeanalyse (Stereologie) (1 SWS) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbesprechung der Lehrveranstaltungen WW I (0 SWS) Vorlesung mit Übung: Röntgenmethoden in der Materialanalyse (1 SWS, SoSe 2024)	1 ECTS 3 ECTS 1 ECTS - 1,5 ECTS - 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Peter Felfer Prof. Dr. Peter Weidinger Heinz Werner Höppel Dr.-Ing. Martin Weiser Dr.-Ing. Steffen Neumeier Prof. Dr. Mathias Göken	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Steffen Neumeier
5	**Contents**	Quantitative Gefügeanalyse, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS • Einführung in die Quantitative Gefügeanalyse und die dazugehörigen Meßmethoden • Auswertemethoden • Grundlagen der Statistik • Praktische Anwendung von Image C Röntgenmethoden in der Materialanalyse, V, 1 SWS, 1 ECTS • Grundlagen der Röntgen-/Synchrotron-/Neutronenbeugung • Experimentelle Methoden • Anwendung in der Materialanalyse (Gitterkonstantenbestimmung, Spannungsanalyse, Texturanalyse,) Anforderungen der Industrie an einen Werkstoffingenieur: • Grundlagen industrieller Planungen im Werkstoffumfeld • Industrielle Lösungsstrategien bei Werkstofffragestellungen • Industrielle Charakterisierungsverfahren Quantitative Microstructural Analysis, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS • Introduction to quantitative microstructure analysis and the corresponding measuring methods • Evaluation methods • Basics of statistics

		• Practical application of Image C X-ray methods in materials analysis, V, 1 SWS, 1 ECTS • Basics of X-ray/synchrotron/neutron diffraction • Experimental methods • Application in material analysis (determination of lattice constants, stress analysis, texture analysis,...) Fundamentals of Failure Analysis, V+Ü+P 0.5+1+0.5 SWS, 0.5+1+0.5 ECTS • Basic procedure of damage analysis • Damage hypotheses • Case studies from practice • Practical test to deepen the contents
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukutren • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen Grundlagen der Schadensanalyse, wenden diese an Beispielfällen an und stellen Schadenshypothesen auf Lern- bzw. Methodenkompetenz Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • Grundlegende Experimentiertechniken • Quantitative Gefügeanalyse • Grundlegende Methoden der Röntgenbeugung Technical competence Evaluating (assessing) Students will • deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials • independently assess structure-property relationships using examples • acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials and characterize different structures • deepen the learned contents by exercises and practical training • learn and apply new methods

		• learn the basics of damage analysis, apply them to example cases and establish damage hypotheses Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired: • Basic experimental techniques • Quantitative microstructure analysis • Basic methods of X-ray diffraction
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46202	**Mikro- und makroskopische mechanische Eigenschaften** Micro and macroscopic mechanical properties	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mikro- und Nanomechanik (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Atomsondenmikroskopie_School (1 SWS) Vorlesung: Ermüdungsverhalten von Metallen und Legierungen (1 SWS, SoSe 2024) Übung: Scanning Probe Microscopy and Nanomechanics - Excercise (1 SWS) Vorlesung: Scanning Probe Microscopy and Nanomechanics (2 SWS, WiSe 2023) Praxisseminar: Experimentelle Methoden in den Werkstoffwissenschaften (1 SWS) Praktikum: Lab-course: Fatigue Behaviour of Metals & Fracture Mechanics (0 SWS, WiSe 2023)	3 ECTS 1 ECTS 1,5 ECTS - 3 ECTS 1 ECTS -
3	Lecturers	PD Dr. Benoit Merle Prof. Dr. Peter Felfer Heinz Werner Höppel Dr. Michael Wurmshuber Anna Krapf	

4	**Module coordinator**	Heinz Werner Höppel
5	**Contents**	*Atomsondentomographie mit Übung* • Einführung in die Atomsondentomographie • Physikalische Grundlagen der APT • Prinzip und Gerätelimitationen • Auswertwertemethoden • praktische Durchführung * Ermüdungsverhalten von Metallen und Legierungen, V, 1 SWS, 1 ECTS* • Grundlagen der Wechselverformung und der Dauerschwingfestigkeit metallischer Werkstoffe • Bedeutung in der Praxis • Durchführung der Ermüdungsversuche • zyklisches Verformungs- und Sättigungsverhalten, zyklisches Gleitverhalten, ermüdungsinduzierte Gefügeänderungen • Bildung und Ausbreitung von Ermüdungsrissen, • Ermüdungslebensdauer • Multiamplitudenbelastung • Weitere spezielle Ermüdungsthemen *Praktikum Ermüdungsverhalten und Bruchmechanik, 1 SWS, 1 ECTS* • Versuche zum zyklischen Verformungsverhalten • Bruchmechanisches Verhalten von Werkstoffen *Praktikumsseminar: Experimentelle Methoden, SWS, 1 ECTS* • verschiedene Experimentelle Methoden

		• Temperaturmessung • Kraft-Dehnungsmessung • Vakuumtechnik • PID-Regler
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen • vertiefen ihr Wissen zu Struktur-Eigenschaftskorrelationen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • verstehen die Vorgänge und Eigenschaften von Werkstoffen auf verschiedenen Größenskalen • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen, wenden an und beurteilen Vorgängen bei zyklischer Verformung • erlernen, vertiefen und beurteilen bruchmechanische Vorgänge • verstehen die Grundlagen der Biomechanik, wenden ihr Wissen an und beurteilen an entsprechenden Praxisbeispielen
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46248	**Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse** Tribiology, surface finishing and damage analysis	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Heinz Werner Höppel
5	**Contents**	*Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 2 ECTS* • Beschichtungstechnologien • Grundlagen der Tribologie • Verschleißmechanismen • Einführung in die Oberflächentechnik *Schadensanalyse metallischer Werkstoffe, V, 2 SWS, 2 ECTS * Praktikum:Tribologie, 1 SWS, 1 ECTS* *Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum, 1 SWS, 1 ECTS* • Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse • Schadenshypothesen • Schadensabhilfemaßnahmen • praktische Fallbeispiele Courses: Lectures: 1) Materials: Tribology and Surface Engineering (Lecture with exercise, 2 SWS) Failure analysis of metallic materials Lecture with exercise, 2 SWS) Practical Courses: 1) Tribology: Practical Course, 1 SWS expected start 2nd half of the semester! 2) Failure analysis of metallic materials Practical course, 1 SWS, block course Content: • Tribology and Surface Technology, • Coating Technologies • Basics of tribology • Wear mechanisms • Introduction to surface technology • Failure Analysis • Practical course: Tribology • Practical Course: Failure Analysis
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen

		• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge • vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese eklären • vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen Technical competence Evaluating (assessing) Students will • deepen their knowledge about the various structural compositions of materials and are able to evaluate the • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials and of tribological processes • deepen their knowledge of coating technologies and coating properties • deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to clarify these relationships • deepen their knowledge through practical training • learn and apply new methods • learn and understand tribological processes and evaluate criteria for selecting materials and coatings for tribological applications • learn and understand failure analysis methods • apply learned methods and strategies in case studies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently oral exam (15 min.)
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**	

Materials Science and Engineering for Metals

1	**Module name** 46213	**Additive Fertigung** Additive Manufacturing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• basis of additive manufacturing • methods of additive manufacturing • material phenomena in additive manufaturing • epitaxiale solidification • cracking • characterization of additively manufactured components • alloy development for additive manufacturing • practical work in the field of additive manufacturing
6	**Learning objectives and skills**	The students: • are able to classify the different methods of additive manufacturing • recognize the technical challenges in additive manufacturing and investment casting • recognize the special features of additive manufacturing in terms of microstructure and component properties • penetrate the solidification processes in additive manufacturing • learn to work together with others in a goal-oriented mann in practical group work
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 minutes)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46211	**Metallische Werkstoffe: Grundlagen und Technologien** Metallic Materials: Fundamentals and Technologies	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial Metallic Materials 1 (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Lecture Metallic Materials: Principles (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Tutorial Metallic Materials 2 (2 SWS) Vorlesung: Lecture Metallic Materials: Technologies & Application (2 SWS, SoSe 2024)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Matthias Markl Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner Dr.-Ing. Christopher Zenk	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Grundlagen der Phasen- und Gefügeumwandlung • Zusammenhang zwischen Prozess und Gefügeausbildung • Einführung in die Simulation von Thermodynamik, Kinetik und Formfüllung, ergänzt durch eigene Programmierarbeiten • Einführung in wichtige Verfahrenstechnologien (Gießen, Umformen, Pulvermetallurgie und Fügen) • Vorstellung der Werkstoffgruppen Titan-, Nickelbasis- und Kupferlegierungen, intermetallische Phasen, Formgedächtnislegierungen, Lager- und Kontaktwerkstoffe (Erzeugung, Verarbeitung, wichtige Legierungen, Anwendung und neue Entwicklungen); bei Vorgängen von besonderer praktischer Bedeutung Verknüpfung mit den metallphysikalischen Grundlagen. • Werkstoffeigenschaften und -prüfung **English** • Fundamentals of phase and microstructure transformation • Relationship between process and microstructure formation • Introduction to simulation of thermodynamics, kinetics and mold filling, supplemented by own programming work • Introduction to important process technologies (casting, forming, powder metallurgy and joining) • Presentation of the material groups titanium, nickel-based and copper alloys, intermetallic phases, shape memory alloys, bearing and contact materials (production, processing, important alloys, application and new developments); for processes of particular practical importance, linking with the fundamentals of metal physics. • Material properties and testing
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • erwerben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethoden

		• können wesentliche Entwicklungsfelder metallischer Werkstoffe einordnen • erwerben ein tiefes Grundlagenverständnis und können Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen klassifizieren • lernen wesentliche Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse kennen und können diese differenzieren • erhalten einen tiefgehenden Einblick in alle relevanten Legierungsgruppen und metallische Werkstoffsysteme und sind in der Lage, vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen eine Werkstoffauswahl zu treffen • lernen wesentliche Methoden der Werkstoffcharakterisierung bzw. -prüfung kennen und sind fähig, geeignete Prüfverfahren auszuwählen und die Qualität von Messergebnissen zu hinterfragen • kennen verschiedenen Simulationstools und können die Einsatzmöglichkeiten von Prozess- und Werkstoffsimulation beurteilen • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Herstellung und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Werkstoffe zu beurteilen **English** Students will: • acquire an understanding of industry-relevant working methods • can classify essential development fields of metallic materials • acquire a deep basic understanding and can classify structure-property relationships on all size scales • get to know essential manufacturing and processing procedures and can differentiate between them • gain an in-depth insight into all relevant alloy groups and metallic material systems and are able to make a material selection against the background of application profiles • get to know essential methods of material characterization and testing and are able to select suitable test methods and to question the quality of measurement results • are familiar with various simulation tools and are able to assess the possible applications of process and material simulation • are able to assess relationships between manufacturing and microstructure or properties of metallic materials
7	**Prerequisites**	Vorlesung Werkstoffkunde und Technologie der Metalle aus dem 5. Semester B.Sc **English** Lecture Materials Science and Technology of Metals from 5th semester B.Sc

8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (30 min.) oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	van Vlack: Materials Science for Engineers Dieter: Mechanical Metallurgy Kurz/Fisher: Fundamentals of Solidification

1	**Module name** 46214	**Metallische Werkstoffe im Automobilbau** Metallic Materials in Automotive Engineering	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Lecture High Pressure Die Casting (1 SWS) Vorlesung: Lecture Metallic Materials in Automobil Engineering (2 SWS) Praktikum: Lab Course High Pressure Die Casting (2 SWS)	0,5 ECTS 2,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer Dr. Johannes Staeves	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Herausforderungen für die Automobilindustrie • Fahrzeugentstehungsprozess • Anforderungen, Werkstoffe und besondere Lösungen für Karrosserie, Fahrwerk und Motoren • Strategie der Werkstoffauswahl • Druckgießen als typisches Fertigungsverfahren (Druckgussmaschine, Druckgusslegierungen, Herausforderungen) • praktische Arbeiten zum Thema Druckgießen • Simulation der Formfüllung **English** • Challenges for the automotive industry • Vehicle development process • Requirements, materials and special solutions for body, chassis and engines • Material selection strategy • Die casting as a typical manufacturing process (die casting machine, die casting alloys, challenges) • practical work on die casting • simulation of mold filling
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • erwerben ein Verständnis für relevante Arbeitsmethoden der Automobilindustrie • können die Auswahl geeigneter Werkstoffe für bestimmte Anwendungen erklären • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess bzw. Prozessparameter und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Gussteile zu beurteilen. • können die Ergebnisse von numerischen Simulationen bewerten. • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** Students will:

		• acquire an understanding of relevant working methods in the automotive industry • are able to explain the selection of suitable materials for specific applications • are able to evaluate relationships between process or process parameters and microstructure or properties of metallic castings. • are able to evaluate the results of numerical simulations. • learn to cooperate with others in a goal-oriented manner in practical group work.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung; Klausur (45 Min.) written exam (45 min).
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46212	**Metallische Werkstoffe: Neue Prozesse, Technologien und Werkstoffe** Metallic Materials: New Processes, Technologies and Materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Lecture Metallic Materials: Technology 2 (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung mit Übung: Lecture Metallic Materials: Technology 1 (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Stefan Rosiwal Dr.-Ing. Christopher Zenk Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Beziehung zwischen Prozess und Mikrostrukturbildung • Überblick über die Grundlagen der Stähle und Vorstellung neuer hochfester Stahlsorten und des Stahlleichtbaus • Einführung in spezielle Verfahrenstechniken • Darstellung der Werkstoffgruppen Refraktärmetalle, metallische Gläser, Verbundwerkstoffe, zellulare Werkstoffe (Herstellung, Verarbeitung, wichtige Legierungen, Anwendung und Neuentwicklungen); bei Verfahren von besonderer praktischer Bedeutung Verknüpfung mit den Grundlagen der Metallphysik. **English** • Relationship between process and microstructure formation • Overview of the fundamentals of steels and presentation of new high-strength steel grades and lightweight steel construction • Introduction to special process technologies • Presentation of the material groups refractory metals, metallic glasses, composites, cellular materials (production, processing, important alloys, application and new developments); for processes of particular practical importance, link with the fundamentals of metal physics.
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden:** • erwerben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethoden. • können Entwicklungsfelder spezieller metallischer Werkstoffe einordnen. • erwerben ein tiefes Grundlagenverständnis und können Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen klassifizieren. • lernen spezielle Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse kennen und können diese differenzieren. • erhalten einen tiefgehenden Einblick in spezielle metallische Werkstoffsysteme und sind in der Lage, vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen eine Werkstoffauswahl zu treffen.

		• sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Herstellung und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Werkstoffe zu beurteilen. **English** Students will: • acquire an understanding of industry-relevant working methods. • can classify development fields of special metallic materials. • acquire a deep understanding of fundamentals and can classify structure-property relationships on all size scales. • get to know special manufacturing and processing procedures and can differentiate between them. • gain an in-depth insight into special metallic material systems and are able to make a material selection against the background of application profiles. • are able to assess relationships between manufacturing and microstructure or properties of metallic materials.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 min.) oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46216	**Pulvermetallurgie** Powder Metallurgy	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Pulverherstellung • Pulvercharakterisierung • Pressen und Sintern • spezielle Sintermethoden und alternative Konsolidierungsmethoden (Additive Fertigung, PM-Spritzguss) • Anwendungen (Hartmetalle und Beschichtungen) • praktische Arbeiten zum Thema Pulvermetallurgie und Schäumen von Metallen **English** • Powder production • Powder characterization • pressing and sintering • Special sintering methods and alternative consolidation methods (additive manufacturing, PM injection molding) • applications (hard metals and coatings) • practical work on powder metallurgy and foaming of metals
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden**: • erwerben ein Verständnis für industrielle Arbeitsmethoden. • können die unterschiedlichen Prozessschritte der Pulvermetallurgie einordnen. • durchdringen den Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Eigenschaften von gesinterten Bauteilen. • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** Students will: • acquire an understanding of industrial working methods. • can classify the different process steps of powder metallurgy. • understand the relationship between process parameters and the properties of sintered components. • learn to cooperate with others in a goal-oriented manner in practical group work.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung nach Bestehen des Praktikums (45 Min.) written exam after passing the internship (45 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46215	**Oberflächentechnologie** Surface Technology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Lecture Coating Technology (2 SWS) Praktikum: Lab Course Surface Technology (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Stefan Rosiwal Peter Randelzhofer	

4	**Module coordinator**	Stefan Rosiwal
5	**Contents**	• Grundlegende Verfahren der Oberflächentechnologie • Vertiefung CVD-Beschichtung und spezielle Anwendungen am Beispiel von CVD-Beschichtungen • praktische Arbeiten zum Thema CVD-Beschichtung, Tribologie und Oberflächenhärten • experimentelle Methoden der Wärmebehandlung und der Vakuumtechnik **English** • Basic processes of surface technology • Advanced CVD coating and special applications using the example of CVD coatings • practical work on the subject of CVD coating, tribology and surface hardening • experimental methods of heat treatment and vacuum technology
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • können die Methoden der Oberflächentechnik gezielt einsetzen • entwickeln ein tiefes Verständnis für CVD-Prozesse • können die experimentellen Methoden der Wärmebehandlung und der CVD-Beschichtungstechnik beurteilen • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess und Mikrostruktur bzw. Festigkeit von Oberflächen gehärteten Stählen zu beurteilen • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** The students: • are able to apply the methods of surface engineering in a targeted manner • develop a deep understanding of CVD processes • are able to evaluate experimental methods of heat treatment and CVD coating technology • are able to assess relationships between process and microstructure or strength of surface hardened steels • learn to cooperate with others in practical group work in a goal-oriented manner.
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

Glass and Ceramics

1	**Module name** 46221	**Keramische Werkstoffe: Grundlagen und Technologien** Ceramic materials: Foundations and technologies	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Sintering and advanced densification methods (0 SWS, SoSe 2024) Vorlesung mit Übung: Physical and chemical properties of glass and ceramics II: Non-equilibrium systems (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Mechanoceramic (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Physical and chemical properties of glass and ceramics I: Equilibrium systems (2 SWS, WiSe 2023)	3 ECTS 3 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Grant Webber Prof. Dr. Dominique Ligny Tobias Fey	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Physikalisch-chemische Grundlagen von Glas und Keramik I: Equilibrium systems | • Atomic bonds • Common crystal structures • Volume, thermal expansion and compressibility • Heat capacity and entropy • Solutions • Phase diagrams • Homogeneous systems • Heterogeneous systems • Phase transition |Mechanokeramik| • Keramik als Konstruktionswerkstoff • Festigkeit (bruchmechanische Grundlagen, Berechnungskonzeptionen) • Konstruieren (Grundlagen, keramische Bauteile, lösbare Verbindungen) • Bearbeiten (abrasive und nichtabrasive Verfahren) • Verbindungstechnik (form-, kraft- und stoffschlüssige Verbindungen) • Bauteilprüfung (proof test, zerstörungsfreie Prüfverfahren) • Werkstoffe und Anwendungen • Oxidkeramiken (Al2O3, ZrO2, Al2TiO5, Al6Si2O13, Mg2Al4Si5O18) • Nichtoxidkeramiken (C, B4C, SiC, Si3N4, AlN) • Faserverbundkeramik |Physikalisch-chemische Grundlagen von Glas und Keramik II: Non-equilibrium systems| • Time related properties:

- Thermal conductivity, Thermal shock and thermal fatigue, Viscosity, Relaxation, Superplasticity
- Glass transition and their characteristic properties
- Chemical behavior at high temperatures:
- Oxidation, corrosion, devitrification
- Design of glass ceramics:
- Theory of nucleation and growth, Morhology, Applications

|Sintering and advanced densification methods|

- Hochtemperaturprozesse bei polykristallinischer Keramiken (Grundlagen des Sinterns, Diffusionsmechanismen, Defekte)
- Mikrostrukturkontrolle (Sinterparameter, Zusammensetzungseffekte)
- Einfluss der Gefüge auf die physikalischen Eigenschaften

English

|Physico-chemical fundamentals of glass and ceramics I: Equilibrium systems |

- Atomic bonds
- Common crystal structures
- Volume, thermal expansion and compressibility
- Heat capacity and entropy
- Solutions
- Phase diagrams
- Homogeneous systems
- Heterogeneous systems
- Phase transition

|Mechanoceramics|

- Ceramics as a structural material
- Strength (fracture mechanics basics, calculation concepts)
- Design (basics, ceramic components, detachable connections)
- Machining (abrasive and non-abrasive processes)
- Joining technology (form-fit, force-fit and material-fit joints)
- Component testing (proof test, non-destructive testing methods)
- Materials and applications
- Oxide ceramics (Al2O3, ZrO2, Al2TiO5, Al6Si2O13, Mg2Al4Si5O18)
- Non-oxide ceramics (C, B4C, SiC, Si3N4, AlN)
- Fiber composite ceramics

|Physico-chemical fundamentals of glass and ceramics II: Non-equilibrium systems|

- Time related properties:
- Thermal conductivity, Thermal shock and thermal fatigue, Viscosity, Relaxation, Superplasticity
- Glass transition and their characteristic properties
- Chemical behavior at high temperatures:
- Oxidation, corrosion, devitrification
- Design of glass ceramics:
- Theory of nucleation and growth, Morphology, Applications

|Sintering and advanced densification methods|

		• High temperature processes in polycrystalline ceramics (basics of sintering, diffusion mechanisms, defects) • Microstructure control (sintering parameters, composition effects) • Influence of microstructure on physical properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erlernen des strukturellen Aufbaus von Gläsern und Keramiken und der damit verbundenen Grundeigenschaften sowie der Einteilung nichtmetallisch-anorganischer Werkstoffklassen • vertiefen die wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse auf dem Gebiet der mechanischen Eigenschaften von Gläsern und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld. • verstehen die Thermodynamik und die Zustandsdiagramme dieser Werkstoffklassen • können die Eigenschaften nichtmetallisch-anorganischer Werkstoffe im Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung, Aufbereitung, Struktur und Gefüge bewerten • können selbständig über Werkstoffauswahl vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen entscheiden *English* The students • learn the structural composition of glasses and ceramics and the basic properties associated with them, as well as the classification of non-metallic-inorganic material classes • deepen the scientific and practical knowledge in the field of mechanical properties of glasses and ceramics for activities in institutional and industrial environments. • understand the thermodynamics and the state diagrams of these classes of materials • can evaluate the properties of non-metallic inorganic materials in relation to chemical composition, preparation, structure and microstructure • can independently decide on material selection against the background of application profiles
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (30 Min.) currently taking an oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester

13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46222	**Keramische Werkstoffe: Prozessierung und Eigenschaften** Ceramic materials: Processing and properties	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Processing of Ceramics (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Functional and Optical Properties of Glass and Ceramics (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Tobias Fey Dr. Maria Rita Cicconi Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	|Processing of Ceramics| • o Halbleiter und Leiter (Defektstrukturen, Dotierung) o Anwendungsbeispiele o advanced experiments on the production and characterization of ceramics |Functional and Optical Properties of Glass and Ceramics | Semiconductors and conductors (defect structures, doping) application examples
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • o haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Glas und Keramik: optische, elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften o erlernen die Prozesse zur Herstellung von Gläsern und Keramiken sowie die Methoden zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften o deepen the practical knowledge in the field of production of ceramic materials have a deeper understanding of the following properties of glass and ceramics: optical, electrical, thermal and mechanical properties learn the processes for the production of glasses and ceramics as well as the methods for determining important properties, explain the relationships between composition, microstructure, properties
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46223	**Funktionskeramiken I** Functional ceramics I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics I: electrical properties (2 SWS) Vorlesung: Functional ceramics: I (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Grant Webber	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Funktionskeramik | Dieser Kurs bietet eine Einführung in die Funktionskeramik, einschließlich Abschnitten über dielektrische, piezoelektrische, ferroelektrische und ferroelastische Eigenschaften der Elektrokeramik. Die Konzepte werden mit makroskopischen Materialeigenschaften dargestellt und in Verbindung mit den mikrostrukturellen Ursprüngen diskutiert. |Übung für Funktionskeramik I: Elektrische Eigenschaften | In diesem Laborkurs werden die Teilnehmer in die Messung dielektrischer Eigenschaften mit einem LCR-Meter und einem Impedanzspektrometer eingeführt. Es wird ein Equivalent-Circuit aufgebaut, um die Fähigkeit der Impedanzspektroskopie zu demonstrieren, verschiedene zeitabhängige Prozesse z.B. am Kristallgitter und an der Korngrenze zu trennen. *English* |Functional Ceramics I | This course provides an introduction to functional ceramics, including sections on dielectric, piezoelectric, ferroelectric, and ferroelastic properties of electroceramics. Concepts are presented with macroscopic material properties and discussed in conjunction with microstructural origins. |Exercise for Functional Ceramics I: Electrical Properties | In this laboratory course, students will be introduced to the measurement of dielectric properties using an LCR meter and an impedance spectrometer. An equivalent circuit will be set up to demonstrate the ability of impedance spectroscopy to separate different time-dependent processes, e.g., at the crystal lattice and at the grain boundary.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen den Aufbau, die Herstellung, die Eigenschaften von Funktionskeramiken • können diese carakterisieren • kennen deren Anwendung für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt . • haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische und mechanische Eigenschaften • haben vertiefte Kenntnisse in den Prozessen zur Herstellung von Keramiken sowie der Methoden zur Bestimmung wichtiger

		Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften *English* The students • know the structure, the production, the properties of functional ceramics • can characterize them • know their application for activities in the institutional and industrial environment with this material focus . • have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical and mechanical properties
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (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**	

1	**Module name** 46224	**Funktionskeramiken II** Functional ceramics 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**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	**Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques** This course will cover basic crystallography, advanced diffraction techniques (e.g., x-ray, neutron and electron) including instrumentation, strategies to collect diffraction data (ex situ and in situ) and different data analysis methods. The course has been designed in such a way that, in addition to the development of theoretical background, students can have hands-on experience with different data analysis methods and software. At the initial stage we will cover basics of crystallography and principle of diffraction technique. An in-depth discussion on different (e.g., x-ray, 2D x-ray, neutron and electron) diffraction techniques and their use in the field of materials science and engineering will then be presented. In the next step we will discuss ferroelectric/ferroelastic materials and how diffraction technique can be used to investigate microscopic origin of macroscopic functional properties. **Exercises for functional ceramics II: Structural Analysis** Students will learn how to extract various structural parameters using different data analysis (e.g. Selected peak-fitting, Le Bail fitting and Rietveld structural refinement) techniques and how these structural parameters can be correlated with different macroscopic properties. A brief overview of the recent developments and future scopes in the field of structural analysis (e.g., 3D- XRD, diffuse scattering) using diffraction technique will be highlighted to conclude the course
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • know the necessary scientific and practical knowledge for the microstructural characterization of ceramics using diffraction methods. • have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical, thermal and mechanical properties • understand the influences of structure and microstructure on electromechanical properties • know and understand how diffraction techniques work and what basic models are available for analysis • can use the appropriate software.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	Unregelmäßig
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** 46225	**Funktionskeramiken III** Functional ceramics III	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics III: mechanical properties (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Mechanical Properties and Fracture of Ceramics (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Grant Webber	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Mechanical Properties and Fracture of Ceramics | • ° Das Laborpraktikum vermittelt praktische Erfahrungen in der makroskopischen mechanischen Charakterisierung von keramischen Werkstoffen, wobei speziell linear elastische und ferroelastische Werkstoffe untersucht werden. *English* |Mechanical Properties and Fracture of Ceramics | This course will introduce participants to the origins of the mechanical behavior of ceramic materials through discussions of atomic structure and microstructure. Here, participants will be introduced to linear elastic fracture mechanics and some concepts related to nonlinear fracture mechanics. Then, various toughness mechanisms will be presented and discussed, including phase transforamtion, ferroelasticity, and crack bridging. In the final section of the lecture, fractographic techniques for the analysis of fracture surfaces as well as subcritical crack growth will be presented. |Exercise for Functional Ceramics III: Mechanical Properties | This laboratory practical course provides hands-on experience in the macroscopic mechanical characterization of ceramic materials, specifically studying linear elastic and ferroelastic materials.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • lernen die Ursprünge der mechanischen Eigenschaften von Keramiken kennen • verstehen, wie sich keramische Werkstoffe nichtlinear, hysteretisch oder plastisch verformen können und wie dies das Bruchverhalten beeinflussen kann • erlernen der Grundlagen der linear-elastischen Bruchmechanik, insbesondere der Hintergründe der Energiefreisetzungsrate und des Spannungsintensitätsfaktors • verstehen Bruchflächen zur Analyse der Bruchentstehung genutzt werden können • verstehen, woe Risse unterkritisch wachsen können und können diese charakterisieren *English*

		The students • learn the origins of the mechanical properties of ceramics • understand how ceramic materials can deform nonlinearly, hysteretically, or plastically and how this can affect fracture behavior • learn the fundamentals of linear elastic fracture mechanics, especially the background of the energy release rate and stress intensity factor • understand fracture surfaces can be used to analyze fracture initiation • understand where cracks can grow subcritically and be able to characterize them
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (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** 46228	**Glas I** Glass I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Vibrational spectroscopies, from theory to practice (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Optical properties of glasses (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dominique Ligny	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	|Optical properties of glasses| • Fundamental concepts: The electromagnetic spectrum and units, Absorption, Luminescence, Scattering • Optical transparency of solids: Optical magnitudes and the dielectric constant, The Lorentz Oscillator, Metals, Semiconductors and insulators, Excitons, Reflection and polarization • Optical glasses: Optical aberration and solutions, Dispersion properties and composition • Colors in glasses: The eye, Optically Active Centers, Transition metals in glasses, Metallic and Chalcogenide nanoparticles • Chromism: Thermochromism, Photochromism, Gasochromism, Electrochromism • IR glasses: Chalcogenide, Fluorite glasses • Optical Fibers: Principle, Manufacturing, Applications, Photonic fibers |Vibrational spectroscopies, from theory to practice | • Nature of vibrations inside matter • Interaction light matter • Instrumentation • Raman application • Infrared Spectroscopy • Advanced technics
6	**Learning objectives and skills**	|Spectroscopy techniques applied to amorphous materials | The students will • Understand the solid state physic background link to the optical properties of all type of materials • Be able to explain the different ways to create colors • Choose the appropriate glass compositions to realize optical device in the infrared region • Have an overview of the different technologies link to light management • Know the different parameters that define an Optical glass fiber and choose them in regard of the attended application |Vibrational spectroscopies, from theory to practice| The student will • Understand in a comprehensive way the solid state physic background link to these spectroscopies

		• Know the different parts of a spectrometer and their characteristic parameter • Exercise himself to set the parameters of an observation and run the measurements • Treat the data by applying the needed corrections • Evaluate the data using peak fitting, momentum calculations and Principal Component Analysis • Deduce information on the structure of common glasses
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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** 46229	**Glas II** Glass II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	Glass formulation using project management: Intensive exercise of 6 half days at the end of the semester. The teaching follows an "on time approach. After presentation of the case study, an introduction to the project management is given. Analytical tools are given to the students than can use them directly on the case study. The project is then defined through brainstorming followed by Solution analysis and quotation. The rules for scheduling, monitoring and controlling a project are introduced before the case study is started to be solved. An emphasis is given on reporting by quick presentation at the end of each half day by the project team. In conclusion a last time is taken to analyze the personal issues encounter during these six half days. That help the students to have a pragmatic thinking about what could have been a better project team and the need of a leader. Glass and Ceramic for Energy-technology: • Materials and energy • Solar Energy • Solar Thermal • Photovoltaic Energy • Insulation • Wind Energy • Nuclear waste glass storage • Energy in glass processing • Fuel Cell and Ion conductivity • Lighting LED and LASER REE technology
6	**Learning objectives and skills**	Glass formulation using project management The student will • Learn the different concept used in project management as well as its specific vocabulary • Practice the project management in a small team • Use the different tools of project management • Go from an application to the conception of a product Glass and Ceramic for Energy-technology The student will • Understand the global environmental issues related to the use of glasses for: • Nonrenewable energy sources • Renewable energy sources • Energy efficiency • Energy storage • Know the improvement needed in the future

		• Look for solution by linking the expected performance to the glass properties • Be able to choose the good glass composition, production and shaping processes
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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** 46226	**Porous and cellular Ceramics I** Porous and cellular ceramics I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Thermal and mechanical characterisation (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Microstructural characterization (2 SWS)	2,5 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Tobias Fey	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey
5	**Contents**	|Microstructural characterization | • Strukturelle Charakterisierung poröser und zellularer Keramiken durch den Einsatz gängiger Methoden wie He-Pyk, Hg-Porosimetrie, µCT, SEM, Permeabilität • Einsatz von Bildanalyse und Simulationen zur Strukturparameterberechnung wie Zellgröße, Stegbreite, Anisotropie, Interkonnektivität und Tortuosität • Strukturelle Besonderheiten poröser Werkstoffe |Thermal and mechanical characterisation | • Bestimmung thermischer / mechanischer Eigenschaften an porösen und zellularen Werkstoffen • Bestimmung des Einflusses der Porosität, Porenform und Porenform auf die physikalischen Eigenschaften *English* |Microstructural characterization| • Structural characterization of porous and cellular ceramics by using common methods such as He-Pyk, Hg-porosimetry, µCT, SEM, permeability • Use of image analysis and simulations to calculate structural parameters such as cell size, web width, anisotropy, interconnectivity and tortuosity • Structural features of porous materials |Thermal and mechanical characterization| • Determination of thermal / mechanical properties of porous and cellular materials • Determination of the influence of porosity, pore shape and pore form on physical properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • Erlernen die Auswahl von Charakterisierungsmethoden und deren Einsatz sowie Grenzen der Anwendbarkeit der Untersuchungsmethoden und Algorithmen • Entscheiden die Auswahl der Charakterisierungsmethodik vor dem Hintergrund der Einsatzgrenzen • Vermittlen der notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur Charakterisierung von porösen und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt.

		• Vertiefen das Verständnis über die Mikrostruktur poröser und zellularer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die physikalischen Eigenschaften *English* Students will • Learn the selection of characterization methods and their use as well as limits of applicability of the investigation methods and algorithms • Decide the choice of characterization methodology in the light of the limits of application • Provide the necessary scientific and practical knowledge to characterize porous and ceramics for activities in institutional and industrial settings with this material focus. • Deepen understanding of the microstructure of porous and cellular ceramic materials and its effect on physical properties.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232 mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
10	**Method of examination**	Oral
11	**Grading procedure**	Oral (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**	

1	**Module name** 46227	**Porous and cellular Ceramics II** Porous and cellular ceramics II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey
5	**Contents**	**Porous and cellular Ceramics for engineers** • Architecture and structure of porous and cellular ceramics over different length scales • manufacturing processes of porous and cellular ceramics from conventional to additive processes • physical properties depending on the porosity, pore shape and pore type • areas of applications of porous and cellular structures in particular a) light weight constructions b) catalysis c) energy and d) scaffolds **Porous and cellular applications** • Practical production of ceramic porous scaffolds using different methods discussed in the lecture • Variation of the manufacturing parameters to modify the microstructure and pore shape and type for the respective application (open / closed cell) • Implementation of application-oriented studies
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • learn the necessary scientific basics for the structure and composition as well as the production and application of porous and cellular ceramics • intensify your knowledge of the production of porous and cellular ceramic materials and their effect on structural and physical properties • learn how to select materials and processes against the background of application profiles using examples • deepen the scientific basics in application-oriented studies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)

11	**Grading procedure**	Oral (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**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46233	**Seminar modul** Seminar module	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Seminar: Neuer Master: WS/SS-Industry report seminar: wird ersetzt durch Hauptseminar M12 (1 SWS) Übung: Neuer Master: WS-Literature seminar : wird ersetzt durch Hauptseminar M12 (2 SWS) Seminar: Bachelorvorträge für BA Arbeiten bei Glas und Keramik (2 SWS, WiSe 2023) Seminar: Main Seminar (Hauptseminar) M12 (2 SWS)	- - 0,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Grant Webber Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny PD Dr. Stephan Wolf	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Grant Webber PD Dr. Stephan Wolf
5	**Contents**	**Science Seminar with reports on scientific projects** • ° Vortragende aus der Industrie berichten aktuelle wissenschaftliche Themen und Projekte Literature seminar Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Papers in Form eines Vortrages und eines Posters Science Seminar with reports on scientific projects • Summary of a scientific project that comes from the current research environment • Industry report seminar • Lecturers from industry report on current scientific topics and projects Literature seminar Summary of a scientific paper in the form of a lecture and a poster
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden** • vertiefen Ihre Kenntnisse über Präsentationstechniken • erlernen die Recherche von Literatur durch den Einsatz von Datenbanken • verstehen den inhaltlichen Aufbau von wissenschaftlichen Vorträgen und Berichten und können dies umsetzten • erlernen die Erstellung von wissenschaftlichen Postern und Berichten **The students** • deepen your knowledge of presentation techniques • learn how to research literature using databases • understand the structure of the content of scientific lectures and reports and can implement this

		• learn how to create scientific posters and reports
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Achievement credit Leistungsschein Performance certificate
11	**Grading procedure**	Achievement credit (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 105 h Independent study: 45 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

Surface Science and Corrosion

1	**Module name** 46236	**Grundlagen der Elektrochemie - Vertiefung** Fundamentals of electrochemistry - Advanced	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	Der Elektrochemie kommt große Bedeutung sowohl im wissenschaftlichen als auch technologischen Kontext zu. Heutige Forschungsarbeiten konzentrieren sich hauptsächlich (aber nicht ausschließlich) auf die Themengebiete Nanotechnologie und Anwendungen der Energietechnik wie Brennstoffzellen, Batteriesysteme und Solarzellen. Prinzipiell widmet sich die Elektrochemie dem Zusammenspiel von Elektrizität und chemischen Reaktionensabläufen in der Art, dass freie chemische Energie, die mit einer Reaktion einhergeht, in elektrische Energie konvertiert wird (z.B. Brennstoffzellen) oder aber elektrische Energie Verwendung findet um beispielsweise stabile Verbindungen zu zersetzen (z.B. Chlorgaserzeugung). Die Lehrveranstaltung leitet die Studierenden an, die Grundlagen der Elektrochemie zu verstehen und erläutert grundlegende Methoden und Arbeitsweisen um elektrochemische Reaktionen und darauf basierende Anwendungen zu verstehen. ---------- Electrochemistry plays an important role in scientific and technological fields. Nowadays, the research areas are focused, but not limited, on nanotechnology and energy devices, i.e. fuel cells, battery systems and solar cells. In principle, the electrochemistry involves the study of relationship between electricity and chemical reactions, such that chemical free energy associated with a reaction is converted into electrical energy (e.g. fuel cells) or conversely, electricity is used to decompose stable chemical systems (e.g. production of chlorine). The lecture program provides an opportunity for students to understand the basics of electrochemistry and provide the fundamental tools for understanding electrochemical-reactions and electrochemical-devices.
6	**Learning objectives and skills**	Basics Electrochemistry Die Studierenden • definieren und wenden rechnerisch thermodynamischer Grundbegriffe und Modelle an (Enthalpie, Entropie, Gibbs-Energie, chemische Gleichgewichte). • vergleichen verschiedene Elektrolyte (Wässrige Lösungen, Organische Lösungen, Festphasenelektrolyte. Vergleichen verschiedener Elektrodenarten und deren Elektrodenpotential. • wenden die Nernst-Gleichung an. • definieren elektrochemische Systeme (Elektrolysezellen, Galvanische Zellen). • erläutern Elektroden/Elektrolyt-Grenzflächen (elektrochemische Doppelschicht).

		• verstehen die Zusammenhänge von Reaktionsraten und Stromstärke und können diese diskutieren. • bewerten die Kinetik von Elektrodenreaktionen (stofftransportkontrolliert, ladungsdurchtrittskontrolliert, reaktionskontrolliert) • leiten die Butler-Volmer-Gleichung her. • beschreiben die theoretischen Grundlagen instrumenteller Techniken und technologischer Anwendungen (Brennstoffzellen, Batteriesysteme, elektrochemische Bauteile und Anwendungen). ---------- **The students** • learn the defining and operating with fundamental thermodynamic concepts and models (enthalpy, entropy, free energy, chemical equilibrium) • learn how to the comparing of Electrolytes (aqueous solutions, organic solutions, solid phase electrolytes. Comparing different types of electrodes and their electrode potential • learn to apply the Nernst equation • define electrochemical systems (electrolytic cells and galvanic cells) • Elecidating Electrode-solution interfaces (electric double layer) • Discussing the relationship between electrochemical reaction rate and current • Assessing electrode kinetics (mass transport control, charge transfer control, reaction control) • Deriving the Butler-Volmer equation. Describing the theoretical background of instrumental techniques and technologies (fuel cells, battery systems, electrochemical devices). • describe the theoretical basics of instrumental techniques and technological applications (fuel cells, battery systems, electrochemical components and applications).
7	**Prerequisites**	Belegung der Module M1, M6 oder M8. Immatrikulation im MA-Studium. Assignment of the modules M1, M6 or M8. Enrollment in the MA course.
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination Klausur (45 Min.) ---------- written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Written examination (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**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung vorgestellt.

1	**Module name** 46235	**Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse** Laboratory course: Corrosion and surface analysis	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	**Contents**	Im Ergänzungsmodul Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse werden unter Anleitung von Betreuern im Rahmen eines Praktikums Versuche aus den Bereichen Korrosion und Oberflächentechnik abgehandelt. Das Modul besteht aus 4 einzelnen Versuchen. Die Studierenden erlernen im Zuge dieser Lehrveranstaltung neben dem selbstständigen Durchführen elektrochemischer Messungen, dem Anodisieren sowie der Charakterisierung der Hochtemperaturoxidationsbeständigkeit von Metallen und Legierungen, die Anwendung verschiedener Verfahren der Oberflächenanalyse. Neben diesen genannten methodischen Lernzielen wird fachliches Wissen über eine Auswahl besonders wichtiger Werkstoffe im Kontext der Korrosion und Oberflächentechnik vermittelt, wobei die Studierenden lernen Messergebnisse zu evaluieren und qualitative sowie quantitative Urteile über das Werkstoffverhalten zu fällen. **English version** Within the practical lab course students absolve experiments belonging to the field of Surface Science & Electrochemistry & Corrosion guided by experienced supervisors. The practical course is subdivided in 4 single experiments. The students learn the practical knowledge about conducting electrochemical measurements, anodization, and characterizing the high-temperature oxidation behavior of metals and alloys. Therefore a variety of surface-sensitive characterization techniques are introduced. Beside the latter methodical issues, furthermore expertise knowledge for a selection of especially important materials that are typically important in the context of corrosion and surface science is taught along the way. The students learn to evaluate measurement data and to interpret qualitative- and quantitatively the measured material behavior.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • bewerten den Einfluss von Legierungselementen und Beschichtungen auf das Degradationsverhalten von Implantatwerkstoffen (Magnesium), Implantatwerkstoffe • kennen und verstehen die Herausforderungen im Legierungsdesign, • bewerten den Einfluss verschiedener Oberflächenvorbehandlungen sowie Oxidationsparameter auf die Ausbildung schützender Oxidschichten im Zuge der Hochtemperaturoxidation,

		• verstehen die Vorrausetzungen und Mechanismen die der Ausbildung schützender Oxidschichten (Hochtemperaturoxidation) zu Grunde liegen, • erzeugen anodisierten Bauteiloberflächen, • bewertuen Tof-SIMS Daten, • wenden Rasterelektronenmikroskopie (REM) an **English version** Evaluation of the influence of alloying elements and coatings on the degradation behavior of implant materials, Implants elucidation of the challenges in alloy design, Assessment of the influence of different surface modification techniques and oxidation parameters on the formation of protective oxide scales during high temperature oxidation, Creating anodized components surfaces, Evaluation and interpretation of Tof-SIMS data, Application of Scanning Electron Microscopy (SEM)
7	**Prerequisites**	Voraussetzungen für die TeilnahmeFundierte Kenntnisse in der Elektrochemie und Hochtemperaturoxidation. Vorlesungen vom LS LKO/ WW4 im Bachelorstudium oder äquivalente Kenntnisse. Immatrikulation im MA-Studium.
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable Hausarbeit (=Praktikumsprotokolle; Leistungsnachweis) und schriftliche Prüfung nach Beendigung des Praktikums Homework (=internship protocols; proof of performance) and written examination after completion of the internship
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 70 h Independent study: 80 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung vorgestellt.

1	**Module name** 46237	**Oberflächenanalyse I** Surface analysis I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Übung Surface Analysis I (1 SWS) Vorlesung: Surface Analysis I (2 SWS) Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS)	1 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Michael Höhlinger Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	*Surface Analysis I + II (Vl+Ü)* The generation of nanostructured materials gained relevance in the recent years and efficient characterization methods were developed, permitting insight into the topographical and chemical nanostructure of materials. The scope of this course covers a range of surface analytical instruments, discussing their principle mode of operation, application and data interpretation. All discussed instruments are also available at the chair and tutorials at the machines are a part of the lecture. The fabrication of nanostructured materials from particles to complex 3 dimensional structures is the topic of the second part of this lecture. Die Strukturierung von Werkstoffoberflächen auf der Nanoskala erlangte in jüngster Vergangenheit große Bedeutung was nicht zuletzt auf der Entwicklung hocheffizienter Charakterisierungsmethoden fußt. Diese erlauben eine hochauflösende Analyse der topografischen sowie chemischen Natur der Oberfläche. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung (Teil I) werden eine Vielzahl Oberflächenanalytischer Verfahren und Instrumente erläutert und deren Funktionsprinzip und etwaige Betriebsmodi besprochen, wobei auch auf die Messdateninterpretation Wert gelegt wird. Für die am LS vorhandenen Verfahren erfolgt außerdem eine Begehung der Labore wobei die Studierenden einen konkreten Eindruck der diversen Techniken erhalten können. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung (Teil II) wird die Darstellung nanostrukturierter Werkstoffe besprochen. Hierbei wird auf Partikel bis hin zu komplexen dreidimensionalen Strukturen eine große Bandbreite der Oberflächenmodifikation abgedeckt. *Seminar Surface Science and Corrosion* Das Seminar Surface Science and Corrosion bietet die Gelegenheit Einblicke in den aktuellen Stand der Forschungsfelder des Lehrstuhls zu erlangen. Hierbei werden Fallbeispiele präsentiert und diskutiert und so ein tiefgehendes Verständnis der Messmethoden, welche in der VL Surface Analysis vermittelt werden, ermöglicht. Neben dieser inhaltlichen Komponente der Art eines Frontalunterrichtes, ist es möglich und sehr erwünscht die Thematiken zu diskutieren. Den Studierenden ist es hierbei neben dem Erwerb von Fachwissen möglich, einen ersten Eindruck vom Ablauf wissenschaftlicher Konferenzen bzw. Tagungen zu erhalten. The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course

		of the seminar results are presented and discussed what enables a profound understanding of the techniques that are taught within the lecture Surface Analysis. Besides this factual part, the students have furthermore the chance (and are supposed) to ask questions to the speakers. This is an important insight into the academic working environment that might be especially relevant for prospective PhD-students.
6	**Learning objectives and skills**	Surface Analysis I + II (Vl+Ü): **Die Studierenden** • verstehen fundamentaler Konzepte im Bereich Kristallographie • können Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung kritisch diskutieren • verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS • kennen verschiedener Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD. • verstehen das Prinzip des Sol-Gel Prozesses • kennen die Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen • kennen und verstehen Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien **The students:** • Describing of basic concepts in crystallography. • Evaluating different kinds of surface characterization techniques (pros and cons). • Elucidating the theoretical background of STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • Defining fabrication methods of nanostructures and elucidation of nanostructured CVD. • Describing the sol-gel process. • Reporting applications of nanostructured surfaces. • Elucidation of surface analytical techniques for nanomaterial characterization. **Seminar Surface Science and Corrosion** **Die Studierenden** • wenden wissenschaftlicher Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele)an • haben Erfahrung bezüglich des Ablaufs und der Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen. • besitzen Softskills als Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere **The students** • Appliance of scientific techniques in research (discussion of examples). • Generating experience in scientific community. • Participation in scientific discussions. • Acquiring of soft-skills for futural scientific careers.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Written examination (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**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	**Module name** 46238	**Oberflächenanalyse II** Surface analysis II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	***Surface Analysis I + II (VI+Ü)*** The generation of nanostructured materials gained relevance in the recent years and efficient characterization methods were developed, permitting insight into the topographical and chemical nanostructure of materials. The scope of this course covers a range of surface analytical instruments, discussing their principle mode of operation, application and data interpretation. All discussed instruments are also available at the chair and tutorials at the machines are a part of the lecture. The fabrication of nanostructured materials from particles to complex 3 dimensional structures is the topic of the second part of this lecture. Die Strukturierung von Werkstoffoberflächen auf der Nanoskala erlangte in jüngster Vergangenheit große Bedeutung was nicht zuletzt auf der Entwicklung hocheffizienter Charakterisierungsmethoden fußt. Diese erlauben eine hochauflösende Analyse der topografischen sowie chemischen Natur der Oberfläche. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung (Teil I) werden eine Vielzahl Oberflächenanalytischer Verfahren und Instrumente erläutert und deren Funktionsprinzip und etwaige Betriebsmodi besprochen, wobei auch auf die Messdateninterpretation Wert gelegt wird. Für die am LS vorhandenen Verfahren erfolgt außerdem eine Begehung der Labore wobei die Studierenden einen konkreten Eindruck der diversen Techniken erhalten können. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung (Teil II) wird die Darstellung nanostrukturierter Werkstoffe besprochen. Hierbei wird auf Partikel bis hin zu komplexen dreidimensionalen Strukturen eine große Bandbreite der Oberflächenmodifikation abgedeckt. ***Seminar Surface Science and Corrosion*** Das Seminar Surface Science and Corrosion bietet die Gelegenheit Einblicke in den aktuellen Stand der Forschungsfelder des Lehrstuhls zu erlangen. Hierbei werden Fallbeispiele präsentiert und diskutiert und so ein tiefgehendes Verständnis der Messmethoden, welche in der VL Surface Analysis vermittelt werden, ermöglicht. Neben dieser inhaltlichen Komponente der Art eines Frontalunterrichtes, ist es möglich und sehr erwünscht die Thematiken zu diskutieren. Den Studierenden ist es hierbei neben dem Erwerb von Fachwissen möglich, einen ersten Eindruck vom Ablauf wissenschaftlicher Konferenzen bzw. Tagungen zu erhalten. The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course of the seminar results are presented and discussed what enables a profound understanding of the techniques that are taught within

		the lecture Surface Analysis. Besides this factual part, the students have furthermore the chance (and are supposed) to ask questions to the speakers. This is an important insight into the academic working environment that might be especially relevant for prospective PhD-students.
6	**Learning objectives and skills**	**Surface Analysis I + II (VI+Ü):** **Die Studierenden** • beschreiben fundamentale Konzepte im Bereich Kristallographie. • diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung. • verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • kennen verschiedene Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD. • verstehen den sol-gel Prozesses und könnenihn wiedergeben. • kennen versiedene Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen. • können Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien kritisch diskutieren. **The students** • Describing of basic concepts in crystallography. • Evaluating different kinds of surface characterization techniques (pros and cons). • Elucidating the theoretical background of STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • Defining fabrication methods of nanostructures and elucidation of nanostructured CVD. • Describing the sol-gel process. • Reporting applications of nanostructured surfaces. • Elucidation of surface analytical techniques for nanomaterial characterization. **Seminar Surface Science and Corrosion** **Die Studierenden:** • wenden wissenschaftliche Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele) an. • haben Erfahrung in Bezug auf Ablauf und Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen. • erwerben Softskills (VortraDarstellung / Diskussion) zur Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere. **The students** • Appliance of scientific techniques in research (discussion of examples). Generating experience in scientific community. Participation in scientific discussions. • Acquiring of soft-skills for futural scientific careers.
7	**Prerequisites**	Belegung des Wahlmoduls 2: Oberflächenanalyse I Immatrikulation im MA-Studium

		---------- Enrollment in elective module 2: Surface Analysis I Enrollment in the MA program
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
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**	english
16	**Bibliography**	Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	**Module name** 46234	**Oberflächentechnik und Elektrochemie** Surface technology and electrochemistry	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Corrosion Science (2 SWS) Vorlesung: Basics Electrochemistry II (2 SWS) Übung: Exercise course: Berechnung von Korrosionsproblemen (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Surface Modification techniques (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Michael Strebl Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Alexander Tesler Michael Höhlinger Prof. Dr. Patrik Schmuki	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	**Contents**	*Advanced Corrosion Science* Recap of fundamental background in electrochemistry and corrosion Introduction to advanced methods in corrosion science: Electrochemical methods (Polarization curve, EIS, EC noise) Local techniques (SVET, SKP, SIET, LEIS) Non electrochemical techniques: Respirometry, mass loss, solution analysis, resitance method Surface analysis (SEM, TEM, EDX, XPS, Auger, ToF SIMS, GDOES, atom probe analysis) Discussion of current issues in corrosion science: Biodegradable metals Passive films und localized corrosion Atmospheric corrosion Corrosion in nuclear waste repositories Corrosion of advanced materials: AM, BMG, high entropy alloys und ultrafine-grained materials Drinking water corrosion, microbially induced corrosion, cathodic protection Inhibitors und smart coatings Mg und Al corrosion Corrosion Modelling, DFT (Corrosion in) Electrochemical energy storage and conversion Corrosion failure case studies and analysis: Discussion of the conditions and mechanisms that led to corrosion failure based on observations and experimental evidence and derivation of a solution to the problem. *Surface Modification Techniques* Innerhalb der Materialwissenschaften kommt der Oberflächenmodifikation entscheidende Bedeutung zu. Neben der Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit sowie der tribologischen Eigenschaften können dadurch auch gänzlich neue Eigenschaften generiert werden. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung werden diverse Methoden der Oberflächenmodifikation und Oberflächenfunktionalisierung beleuchtet. Es werden die Grundlagen

aber auch Fallbeispiele derartiger Verfahren erläutert und deren Rolle im Alltäglichen Leben ebenso wie in industriellen Anwendungen Rechnung getragen. Neben den etablierten Methoden werden auch neuartige Ansätze aus den aktuellen Forschungsgebieten des Lehrstuhls erläutert.
The tailored modification of surfaces plays an important role in material science. Besides improving e.g. the corrosion- and tribological-properties of material-surfaces by specific methods and approaches, furthermore completely new properties can be achieved. In this course common methods of surface modification and surface functionalization are elucidated. The theoretical background and examples, indicating the relevance of these methods in everyday life as well as for industrial applications, are presented. In addition to the common methods new highly promising approaches are introduced and discussed.

Berechnung von Korrosionsproblemen
Die World Corrosion Organization (WCO) schätzte 2009 die wirtschaftlichen Schäden durch Korrosion auf weltweit 1,8 Billionen US-Dollar. In Industriestaaten belaufen sich die jährlichen Kosten durch Korrosion auf bis zu 4 Prozent des Bruttoinlandsproduktes, in Deutschland also auf bis zu 104 Milliarden Euro" [Deutsches Lackinstitut]. Die hier angeführten Zahlen zeigen, dass Korrosion ein wirtschaftlich sehr bedeutendes Problem darstellt, dem große Beachtung beigemessen werden muss. Das Lernziel der Vorlesung Berechnung von Korrosionsproblemen" ist es, mittels im Bachelorstudium erworbenen Kenntnissen, Fallbeispiele typischer Korrosionsprobleme fachlich tiefgehend verstehen und beurteilen zu können. Hierfür werden zum einen häufige grundlegende praxisnahe Probleme definiert und beschrieben.
Zum anderen werden durch Abstraktion komplexe Beispiele und Anwendungen auf bekannte Grundlagen heruntergebrochen, quantitativ beschrieben und somit fassbar gemacht.
Basics Electrochemistry
Der Elektrochemie kommt große Bedeutung sowohl im wissenschaftlichen als auch technologischen Kontext zu. Heutige Forschungsarbeiten konzentrieren sich hauptsächlich (aber nicht ausschließlich) auf die Themengebiete Nanotechnologie und Anwendungen der Energietechnik wie Brennstoffzellen, Batteriesysteme und Solarzellen. Prinzipiell widmet sich die Elektrochemie dem Zusammenspiel von Elektrizität und chemischen Reaktionensabläufen in der Art, dass freie chemische Energie, die mit einer Reaktion einhergeht, in elektrische Energie konvertiert wird (z.B. Brennstoffzellen) oder aber elektrische Energie Verwendung findet um beispielsweise stabile Verbindungen zu zersetzen (z.B. Chlorgaserzeugung). Die Lehrveranstaltung leitet die Studierenden an, die Grundlagen der Elektrochemie zu verstehen und erläutert grundlegende Methoden und Arbeitsweisen um elektrochemische Reaktionen und darauf basierende Anwendungen zu verstehen.
Electrochemistry plays an important role in scientific and technological fields. Nowadays, the research areas are focused, but not limited, on

		nanotechnology and energy devices, i.e. fuel cells, battery systems and solar cells. In principle, the electrochemistry involves the study of relationship between electricity and chemical reactions, such that chemical free energy associated with a reaction is converted into electrical energy (e.g. fuel cells) or conversely, electricity is used to decompose stable chemical systems (e.g. production of chlorine). The lecture program provides an opportunity for students to understand the basics of electrochemistry and provide the fundamental tools for understanding electrochemical-reactions and electrochemical-devices.
6	**Learning objectives and skills**	***Advanced Corrosion Science*** **The students are able to:** • Identify, distinguish, and explain corrosion mechanism and different forms of corrosion. • Illustrate and explain electrochemical, local, non-electrochemical and surface analysis methods that are used in corrosion science. • Interpret results of the characterisation methods described above • Explain the different concepts of smart coatings and self-healing coatings including triggers and release mechanisms of inhibitors. • Present the details that play a role atmospheric corrosion processes like salts, relative humidity, electrolyte film thickness, time of wetness, influence of gases, wet dry cycling and corrosion product formation. • Explain different test methods for atmospheric corrosion, like lab exposure, accelerated corrosion tests and field exposure tests. • Discuss special features in the corrosion mechanisms of Mg and Al alloys (anomalous H2 evolution). • Review different mechanisms of localized corrosion and explain the significance of pit initiation and pit growth, critical pitting potential, critical pitting temperature and repassivation in localized corrosion. • Explain cathodic and anodic paint disbonding or delamination and how it can be studied using SKP. • Assess findings of scientific investigations of corrosion failure, determine corrosion mechanisms that lead to the corrosion issue and develop a concept for solving the corrosion problem. • Explain mechanisms of different types of corrosion inhibitors. • Summarize corrosion properties of advanced materials like high entropy alloys, bulk metallic glasses, additive manufactured materials or ultrafine-grained materials. • Describe corrosion related aspects of nuclear waste storage and the influence of radiation on corrosion. • Compare different types of metals in their applicability as a biodegradable metal and explain surface treatments to control the degradation behavior.

- Understand the complexity of simulated body fluids and possible discrepancy between in vitro and in vivo experiments.
- Describe mechanisms of microbially induced corrosion, dezincification.
- Explain cathodic protection strategies by sacrificial anodes and impressed current cathodic protection.

Surface Modification Techniques

Die Studierenden

- können die Grundlagen von Korrosionsmechanismen und -arten wiedergeben.
- lernen verschiedene Methoden der Oberflächenvorbehandlung kennen.
- können abschätzen, welche Oberflächenvorbehandlung für die Entfernung verschiedener Verunreinigungen eingesetzt werden können.
- können den zugrundeliegenden Mechanismus einer Konversionsbeschichtung am Beispiel der Phosphatierung und Chromatierung beschreiben.
- erklären die Mechanismen von elektrochemischer Abscheidung und elektrophoretischer Beschichtung
- erkennen den Zusammenhang verschiedener Schritte und Parameter der Oberflächenvorbereitung auf die finale Oberflächenqualität einer Beschichtung.
- lernen die Bestandteile und Wirkungsweise einer Reinigungslösung kennen
- Die Studierenden werden auf Besonderheiten hinsichtlich des Umweltschutzes bei der Oberflächentechnik sensibilisiert.
- Erklären die verschiedene Verfahren und Beschichtungsmechanismen von PVD und CVD Prozessen.
- Erklären von Verfahren des thermischen Spritzens und von Sol-Gel Beschichtungen
- können chemische und elektrochemische Konversionsschichten (Phosphatierung, Chromierung, Anodisierung)
- Erläutern Besonderheiten verschiedener organischer Beschichtungen (Lacke).
- Erklären selbstorganisierender Monolagen und Konzepte zur Erzeugung superhydrophober Oberflächen
- Beschreiben den Mechanismus der Ausbildung von selbstorganisierenden anodische Oxidschichten (Nanoporen und Nanoröhren).

- Illustrating the mode of action of chemical mechanical pretreatment.
- Describing plasma aided methods, Laser and electron beam methods as well as ion implantation.
- Illustrating the mode of action of chemical conversion layers (phosphatization, chromating), electrodeposition,

electrophoresis, electrochemical conversion layers (anodizing) and CVD/PVD techniques.
- Understanding the basics of organic coatings (paints and lacquers), self-assembled monolayers, self-organized anodic oxide layers (Nanopores, Nanotubes).

Berechnung von Korrosionsproblemen
Die Studierenden sind in der Lage:
- den Wirkzusammenhang von Kinetik und Potential bei Korrosionsreaktionen quantitativ zu erfassen.
- Den Unterschied und die Einflüsse auf Diffusions- und Aktivierungskontrolle zu erklären
- Korrosionsvorgänge anhand schematischer Stromdichte-Potential Kurven zu veranschaulichen
- Pourbaix-Diagramme zu erstellen zu verstehen und anzuwenden.
- die Nernst Gleichung anzuwenden und leiten sie her.
- Fragestellungen der Hochtemperaturoxidation zu bewerten.
- Möglichkeiten des Korrosionsschutzes zu beurteilen.

Quantitative elucidation of the cause-effect relationship between kinetics and potential, Construction of Pourbaix diagrams, applying nernst equation, Assessment of high-temperature oxidation behaviors of metals and alloys, Evaluation of corrosion-protection approaches

Basics Electrochemistry

Die Studierenden
- definieren und beherrschen rechnerisches Anwenden thermodynamischer Grundbegriffe und Modelle (Enthalpie, Entropie, Gibbs-Energie, chemische Gleichgewichte).
- vergleichen von Elektrolyten (Wässrige Lösungen, Organische Lösungen, Festphasenelektrolyte.
- vergleichen verschiedener Elektrodenarten und deren Elektrodenpotential.
- wenden die Nernst-Gleichung an.
- definieren elektrochemischer Systeme (Elektrolysezellen, Galvanische Zellen).
- verstehen Elektroden/Elektrolyt-Grenzflächen (elektrochemische Doppelschicht).
- können die Zusammenhanges von Reaktionsrate und Stromstärke diskutieren.
- bewerten die Kinetik von Elektrodenreaktionen (stofftrans portkontrolliert, ladungsdurchtrittskontrolliert, reaktionskontrolliert).
- können die Butler-Volmer-Gleichung herleiten.
- verstehen die theoretischen Grundlagen instrumenteller Techniken und technologischer Anwendungen (Brennstoffzellen, Batteriesysteme, elektrochemische Bauteile und Anwendungen).

The students

		• Defining and operating with fundamental thermodynamic concepts and models (enthalpy, entropy, free energy, chemical equilibrium). • Comparing of Electrolytes (aqueous solutions, organic solutions, solid phase electrolytes. • Comparing different types of electrodes and their electrode potential. Applying the Nernst equation. • Defining electrochemical systems (electrolytic cells and galvanic cells). • Elucidating Electrode-solution interfaces (electric double layer). • Discussing the relationship between electrochemical reaction rate and current. • Assessing electrode kinetics (mass transport control, charge transfer control, reaction control). • Deriving the Butler-Volmer equation. • Describing the theoretical background of instrumental techniques and technologies (fuel cells, battery systems, electrochemical devices).
7	**Prerequisites**	Immatrikulation im MA-Studium
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (30 Min.) oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltungen vorgestellt.

Polymer Materials

1	**Module name** 46244	**Anwendungen von Polymeren I** Applications of polymers I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymer- verpackungen und elastomerer Werkstoffe, • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen und Elastomeren • Einfluss des chemischen Aufbaus auf die relevanten Eigenschaften in der Anwendung • Wissensvermittlung zu dem Einfluss der Morphologie auf die relevanten Eigenschaften in der An- wendung • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen • praktische Anwendung in der Analyse von mit unterschiedlichen Parametern gefertigter Teil **English** Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer- packaging and elastomeric materials, - production and property profile of thin polymer films and elastomers - Influence of the chemical structure on the relevant properties in the application - Knowledge transfer on the influence of morphology on the relevant properties in application application - interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials - practical application in the analysis of parts manufactured with different parameters
6	**Learning objectives and skills**	• kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten von Fertigungs-/ Analyseprozessen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. **English**

		- know essential applications and development fields - identify strengths and weaknesses of different processes and material solutions - describe essential structure-property relationships - analyze and evaluate measurement data from manufacturing/analysis processes - classify their own results.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 0 h Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46245	**Anwendungen von Polymeren II** Applications of polymers II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Basics of six-Sigma - Tool to improved processes in Industry (1 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Polymer Materials for Medical Applications (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Polymers - Aplications II (1 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymeren in der Medizintechnik, • Einfluss des chemischen Aufbaus auf die relevanten Eigenschaften in der medizinischen Anwendung • Wissensvermittlung zu dem Einfluss der Morphologie auf die relevanten Eigenschaften in der medizinischen Anwendung Prozesse basierend auf qualifizierter Beobachtung und statistischer Analyse • Strategien zur Analyse und Verbesserung beliebiger Prozesse • Anwendung des Wissens in dem Praktikum • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymers in medical technology, • Influence of the chemical structure on the relevant properties in medical application • Knowledge transfer on the influence of morphology on the relevant properties in medical application Processes based on qualified observation and statistical analysis • Strategies for analysis and improvement of any process • application of the knowledge in the practical course • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder aus den genannten Themenfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten aus Experimentem • stufen die eigenen Ergebnisse ein.

		• haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethodiken gewonnen **English** The students • know essential applications and development fields from the mentioned topics • identify strengths and weaknesses of different processes and material solutions • describe essential structure-property relationships • analyze and evaluate measurement data from experiments • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46241	**Polymere** Polymers	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Excercises to Lecture "Processing of Polymers" (1 SWS) Vorlesung: Polymers - I (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Processing of Polymers (2 SWS) Übung: Excercises Polymer 1 (1 SWS) Praktikum: Labwork Polymer Processing (2 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 3 ECTS 1,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert Michael Redel	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymerwerkstoffen, Polymerblends und -composites • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen, Fasern und Nanofasern • Einfluss der Größenskala auf Eigenschaften • Wissensvermittlung zu den Vorgängen an Grenzflächen in polymeren Werkstoffsystemen, Kompatibilität verschiedener Polymere • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer materials, polymer blends and composites. • Fabrication and property profile of polymer thin films, fibers and nanofibers • Influence of size scale on properties • knowledge transfer on processes at interfaces in polymeric material systems, compatibility of different polymers • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik Polymere Werkstoffe" • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • sind in der Lage, Modifizierungsstrategien für Polymer-werkstoffe in Bezug auf Optimierung von Eigenschaften zu erarbeiten und durchzuführen • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeits-methodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder

		English The students • gain an in-depth insight into the topic of "polymer materials • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales) • are able to develop and implement modification strategies for polymer materials with regard to optimization of properties • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232 mündliche Prüfung (30 Min.) oral exam (30 min.)
10	**Method of examination**	Variable
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46243	**Rheologie** Rheology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Excerises on Rheology (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Rheology - Fundamentals and Measurement Technology (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Rheolology (1 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta
5	**Contents**	Rheologische Messgrößen und ihre anwendungstechnische Bedeutung • Grundlagen, Technologie, Messtechnik zur Ermittlung rheologischer Stoffeigenschaften • Verhalten in Scherung Dehnung • Beschreibungsgleichungen • Temperaturabhängigkeit der rheologischen Eigenschaften **English** Rheological measurands and their significance for application • Basics, technology, measuring technique for the determination • rheological material properties • Behavior in shear strain • Equations of description • Temperature dependence of rheological properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik der Rheologie • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • analysieren und bewerten Messdaten von rheologischen Messungen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder **English** The students • gain an in-depth insight into the subject of rheology • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales)

		• know essential applications and fields of development • identify strengths and weaknesses of different methods and material solutions • analyze and evaluate measurement data from rheological measurements • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46242	**Vertiefung Polymere** Specialization: Polymers	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Polymer and Interface Physics in Theory and industrial Application (1 SWS, WiSe 2023) Übung: Excercises to Lecture polymers (1 SWS) Vorlesung mit Übung: Polymers-II (2 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert Michael Redel	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymerwerkstoffen, Polymerblends und -composites • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen, Fasern und Nanofasern • Einfluss der Größenskala auf Eigenschaften • Wissensvermittlung zu den Vorgängen an Grenzflächen in polymeren Werkstoffsystemen, Kompatibilität verschiedener Polymere • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer materials, polymer blends and composites. • Fabrication and property profile of polymer thin films, fibers and nanofibers • Influence of size scale on properties • knowledge transfer on processes at interfaces in polymeric material systems, compatibility of different polymers • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik Polymere Werkstoffe" • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • sind in der Lage, Modifizierungsstrategien für Polymer-werkstoffe in Bezug auf Optimierung von Eigenschaften zu erarbeiten und durchzuführen • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeits-methodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder **English** The students

		• gain an in-depth insight into the topic of "polymer materials • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales) • are able to develop and implement modification strategies for polymer materials with regard to optimization of properties • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min).
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

Materials for Electronics and Energy Technology

1	**Module name** 46257	**Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems I - Fundamentals** Advanced semiconductor technologies - Photovoltaic systems I - Fundamentals	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems for Power Generation - Design Implementation and Characterization (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will introduce into the fundamentals of photovoltaic energy conversion. The conversion of light into electricity is one of the most efficient power technologies by today and is expected to transform our energy system towards a renewable scenario. The limits of photovoltaic energy conversion, the materials and architectures of major PV technologies and advanced characterization methods for modules as well as solar fields will be introduced theoretically and experimentally during the lecture, a seminar and the lab works.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will learn the concept of black body radiation and the radiation laws and the limits of light energy conversion. The fundamental semiconductor junctions (p-n, M-i-M, Shottky and Hetero Junction are repeated. The one diode and two diodes replacement circuits are explained . Electrical, optical, recombination and extraction loss mechanisms are discussed separately and demonstrated at the hand of numerical drift-diffusion equation solvers. The most important solar cell concepts (Si, CIGS, CdTe, GaAs, Perovksites, Organics) are introduced, and the strengths and weaknesses of each technology are analysed. • Characterization of Photovoltaic Modules will trained by flashed measurements in the lab. Defect imaging methods like DLIT, EL or PL imaging will be trained at the hand of module installations in Erlangen.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable

		Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, graded, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0%
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (examination number: 62571) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46256	**Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Semiconductors III - Processing** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors III: Processing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Solution Processed Electronics (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will introduce into the specifics of electronic transport in disordered semiconductors as compared to inorganic semiconductors. As a consequence of the transport properties, quite unique device architectures are developed for disordered semiconductor devices. As a prototype representative, organic semiconductor devices (organic solar cells and LEDs) are discussed in more detail.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will learn the major electronic transport models for disordered semiconductors. Marcus theory is introduced to describe charge migration. The Gaussian Disorder Modell is introduced to derive the temperature and field dependence of mobility and conductivity. • Organic LEDs are one of the leading display technologies nowadays. Materials concepts for OLEDs, recombination of singlet and triplet populations, energy transfer, device architecture and production aspects are discussed Organic Photovoltaics is an emerging PV Technology. The leading materials concepts and composites for OPV are bilayer and bulk heterojunction concepts, charge generation and charge recombination is discussed as a function of microstructure. • Single junction and tandem junction architectures are analysed, steady state and transient measurement methods are introduced to characterize such devices. • Processing and characterization of organic, perovskite, etc solar cells, LEDs , displays or X-Ray detectors will be trained in the lab work.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar.
10	**Method of examination**	Variable **Studien-/Prüfungsleistungen:** Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing (Prüfungsnummer: 62561) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 20, graded, 5 ECTS **Associated courses:** • Lab Work Solution Processed Electronics • Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications further explanations: Oral examination and report from lab work Language of examination: German or English first examination: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 1. examiner: Christoph J. Brabec, | 2. Prüfer: Andres Osvet
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %

		Oral examination determines the grade of the module. The LabWork should be accepted by the direct supervisor.
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 50 h Independent study: 100 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Will be presented in the StudOn page of the course

1	**Module name** 46255	**Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors II: Processing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing) (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Hans-Joachim Egelhaaf	

4	**Module coordinator**	Hans-Joachim Egelhaaf
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will give an introduction to coating and printing technologies for the manufacturing of (opto-)electronic devices by solution processing. Special emphasis will be on upscaling from lab scale devices to large area commercial products. The fundamentals of the different technologies as well as their application for the manufacturing of active layers, transparent electrodes and transparent barriers will be described in detail. Exercises will provide a more quantitative approach to thin film processing while lab work will allow hands on experience of the lecture content.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will be introduced to the inventory of printing, coating and patterning technologies available for the solution processing of organic, hybrid and inorganic (opto-)electronic devices (FETs, LEDs, solar cells and photodetectors) and its application to the manufacturing of organic, perovskite and quantum dot devices. • After discussing the fundamentals of wet film deposition (wetting, viscosity, drying), the working principles and application ranges of coating (spin coating, doctor blading, slot die coating), printing (letter press, gravure, flexo, screen, ink jet printing) as well as of patterning techniques (printing, scratching, laser ablation) will be introduced. • The specific requirements of "printed electronics will be introduced and compared to those of "silicon based electronics on one hand and "visual printing on the other hand. • The students will learn how to manufacture transparent electrodes (thin metal films, finger electrodes, nanowire meshes, transparent conductive oxides), active layers (bulk heterojunctions, perovskite films, nanoparticle layers), and barriers from the respective inks. They will also learn how to decide for the appropriate coating/printing technology. The inventory of materials for printed electronics will be presented and concepts for rational development of inks from these materials (Hansen solubility theory) will be introduced.

		• Exercises will teach the students to base their decisions for materials, coating/printing technologies and patterning methods on quantitative considerations. These will include the calculation of resistance losses in transparent electrodes, of the viscosities and surface tensions of inks as well as of the water vapor transmission rates of barriers. • Deposition and patterning of electrodes, active layers, and barriers for organic or perovskite solar cells will be trained in the lab work.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Usability of the module / integration into the sample curriculum: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) This module can also be used in the subjects "Nanotechnology (Master of Science)".
10	**Method of examination**	Variable

		Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing (examination number: 62551) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, graded, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0% **Associated courses:** • Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors • Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing - 1 experiment / 20 pages report) 1. examiner: Christoph J. Brabec
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 67 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46254	**Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors I: Materials - Nanocrystals** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors I: Materials - nanocrystals	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kolloidale Nanokristalle (2 SWS) Seminar: Seminar über "Solution Processed Semiconductors" (2 SWS) Praktikum: Advanced Semiconductor Technologies - Synthesis of Carbon Quantum Dots (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Advanced Semiconductor Technologies - Materials for Organic Electronics (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Wolfgang Heiß Prof. Dr. Marcus Halik	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	**Contents**	Lecture / Seminar / Lab work Applications of colloidal nanocrystal materials Growth models to describe nucleation, growth and ripening of nanocrystals Optical properties of quantum dot materials Colloidal nanocrystals operating in the infrared Perovskite based colloidal nanocrystals Devices based on colloidal nanocrystals Topological insulators and two-dimensional materials Synthetic routes towards colloidal nanocrystals Fundamentals of charge transport and optical properties of conjugated polymers Organic semiconductor materials Fundamentals of carbon allotropes
6	**Learning objectives and skills**	Obtaining a detailed understanding of the physics and chemistry of semiconductor nanocrystals Understanding and practically performing the synthesis of a colloidal semiconductor material Independent development and presentation of new research results from the literature on the topic of solution processed semiconductors Understanding of special optical processes in semiconductor nanocrystals Knowledge of nanocrystal applications in devices Understanding fundamentals of organic semiconductors and carbon allotropes
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable

8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, benotet, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0 % Related Lab Work - 1 experiment / 20 pages report
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %
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**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46258	**Crystal Growth 2** Crystal growth 2	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann
5	**Contents**	Elektronische Bauelemente und Materialfragen • Korrelation von Bauelementfunktion (Bipolar-Diode, Bipolar-Transistor, Schottky-Diode, Feldeffekt-Transistor, Leucht- und Laserdiode) mit Materialeigenschaften • Grundlagen der Epitaxie • Aufbau und Verbindungstechnik mit Bezug zur Leistungselektronik Wahlvorlesung aus dem Bereich der Elektrotechnik -Vertiefung von elektrotechnischen Anwendungen, welche starken Bezug auf Werkstoffe der Elektrotechnik nehmen Praktikum • Czochralski Kristallwachstum von InSb • Halbleitercharakterisierung **English** Electronic devices and material issues • Correlation of device function (bipolar diode, bipolar transistor, Schottky diode, field-effect transistor, light-emitting diode, laser diode) with material properties • Basics of epitaxy • Design and interconnection technology with reference to power electronics Elective lecture from the field of electrical engineering -deepening of electrical engineering applications, which strongly refer to materials of electrical engineering Practical course • Czochralski crystal growth of InSb • Semiconductor characterization
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse über Materialeigenschaften und deren Anwendung in elektronischen Bauelementen. Kennenlernen experimenteller Techniken in den Werkstoffwissenschaften, Verfassen von technischen Berichten, Teamarbeit **English** Students acquire in-depth knowledge of material properties and their application in electronic devices.

		Getting to know experimental techniques in materials science, writing technical reports, teamwork.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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** 46253	**Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management** Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light conversion and light management	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Lab Work Manufacturing and Characterization of Phosphors and Storage Phosphors (3 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Miroslaw Batentschuk	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk
5	**Contents**	The module consists of a lecture and a lab course: • Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (Im Wintersemester) (Vorlesung, 2 SWS, Miroslaw Batentschuk • Lab Work Manufacturing and Characterization of Phosphors and Storage Phosphors (im Sommersemester) (Praktikum, 3 SWS, Andres Osvet et al., Zeit n. V., Labore LS i-MEET) ; Scope: 1 experiment, 20 pages report. Contents: • Classification of phosphors according to their principle of operation and by field of application. • Establishing the relationships between crystal structure of phosphors as well as their composition and the desirable absorption and emission properties. • Energy transfer between the crystal lattice and active ions as well as between these ions • Consideration of several examples • Theoretical analysis of phosphor engineering with the purpose to reach maximal energy efficiency during transformation of the ionizing radiation • Basics and to methods of storage phosphor manufacturing • Analysis of requirements to the properties and new trends in development of phosphors for white light emitting diodes and for adaptation of the sun light spectrum to the sensitivity of solar cells and plants
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get the theoretical background and the ability to determine the required parameters for engineering new phosphors as a part of photovoltaic modules and devices for modern lighting. • The students will be trained in processing of phosphors and dielectric layers. The students will gain knowledge in characterization of phosphors and improved solar cells.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry,

		Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details
10	**Method of examination**	Variable Studien-/Prüfungsleistungen: Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (Prüfungsnummer: 62531) Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % weitere Erläuterungen: zusätzlich zur mündlichen Prüfung - unbenoteter Nachweis vom Praktikum, Bericht 20 Seiten Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 weitere Erläuterungen: mögliche weitere Prüfungsformen sind Klausur (45 Min.) oder Hausarbeit benotet (ca. 20 Seiten) Oral examination, exercises, and report from lab work Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch 1. Prüfer: Miroslaw Batentschuk, 2. Prüfer: Andres Osvet
11	**Grading procedure**	Variable (100%)

12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46252	**Semiconductor Devices and Applications** Semiconductor devices and applications	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Devices & Applications (2 SWS) Praktikum: Lab Work Thin Film Semiconductors (2 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Andres Osvet	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec
5	**Contents**	Lecture / Exercise / Lab work • Introduction into the fundamentals, materials and application of thin film semiconducting devices • semiconductor junctions • display technologies • photovoltaic technologies • photodetector and X-Ray technologies • thin film transistor, memory , storage and energy harvesting technologies
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get a detailed introduction and overview on various selected thin film device technologies, with emphasis on display technologies, lighting, energy harvesting and photovoltaics (renewable energies). • Independent development of a selected AST topic to the level of comprehension that the student can give a 25 min tutorial / presentation, presentation skills and techniques, • Processing and characterization of thin film semiconductors and semiconducting devices such as photovoltaics, LEDs, light conversion layers (lab course). • Data handling, data storage and written reporting in material science (lab course)
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der

		Energietechnologie | Grund- und Ergänzungsmodul | Semiconductor Devices and Applications) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | Grund- und Ergänzungsmodul | Semiconductor Devices and Applications) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Semiconductor Devices and Applications) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details
10	**Method of examination**	Variable ## Studien-/Prüfungsleistungen: (englischer Titel: Semiconductor Devices and Applications) ### Semiconductor Devices and Applications (Prüfungsnummer: 62521) Prüfungsleistung, Portfolio, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen: • Advanced Semiconductors Introduction: Devices & Applications • Lab Work Thin Film Semiconductors weitere Erläuterungen: Lecture - graded certificate (students choose either exam on processsing and characterization of a thin film device or a written report of 10 to 20 pages including a final discussion on the results or a presentation of an independent topic in a seminar). Lab Work (1 practical with final report of approximately 1- - 15 pages) Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 1. Prüfer: Christoph J. Brabec
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Wird an der Vorlesung dargestellt

1	**Module name** 46251	**Semiconductor Fundamentals, Characterization, Materials & Processing** Semiconductor fundamentals, characterization, materials & processing	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Crystal Growth 2 - Wide Bandgap Semiconductors (1 SWS) Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Characterization (2 SWS) Vorlesung: Crystal Growth 1 - Fundamentals of Crystal Growth and Semiconductor Technology (2 SWS) Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Fundamentals (2 SWS)	2 ECTS 2,5 ECTS 3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann Prof. Dr. Wolfgang Heiß	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk
5	**Contents**	Lecture • Crystal structure of solids • Introduction to quantum mechanics in solids • Carrier concentration and charge transport • Excess carriers in semiconductors • The pn junction • Measurement of resistivity, carrier concentration, and mobility • Characterization of defects semiconductors • Determination of optical parameters Lecture, Crystal growth and semiconductor technology • Fundamentals of crystal growth (melt ~, solution ~, vapor growth) • Fundamentals of Silicon Semiconductor Device Technology (Oxidation, Doping by diffusion and ion implantation, etching, metallization, lithography, packaging) • Processing of wide bandgap semiconductors
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get the theoretical background and the ability to determine the required parameters for mathematically model the fundamental electrical properties of semiconductors and semiconductor junctions, representing the basic units used for photovoltaics and modern lighting. • The deepening of fundamental understanding of semiconductor properties, as a solid basis for further lectures dealing with the physics of semiconductor devices • Understanding typical experimental techniques to determine basic parameters of semiconductors and semiconductor devices by electronic or optical measurements. • The student gain fundamental knowledge in crystal growth and semiconductor technology.
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable The lectures of the Crystal Growth 1 sub-module are held in the "Flipped Classroom" format (synchronous learning units in the lecture hall & asynchronous learning units via Studon: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_3259598 https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_4514743 The partial examination of the Crystal Growth 1 sub-module takes place either orally (15 min) or as an electronic exam (30 min). The electronic exam partly contains multiple choice questions. The following applies: Each answer option is rated with the assigned number of points if the answer is correct; Incorrect answer goes within the question with negative points. All points of the possible answers are added up. There are no penalties for incorrectly marked tasks.
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Semiconductor Fundamentals, Characterization, Materials & Processing (Prüfungsnummer: 62511) (englischer Titel: Semiconductor Fundamentals, Characterization, Materials & Processing) Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30, benotet, 10 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % weitere Erläuterungen: Jeder Teil (Crystal Growth und Advanced Semiconductors) trägt jeweils zu 50% der Note bei. Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 30, graded, 10 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0% further explanations: Each part (Crystal Growth and Advanced Semiconductors) each contributes 50% of the grade.
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Semiconductor Physics and Devices, Donald A. Neaman, McGraw-Hill, ISBN: 978-0-07-352958-5

		Semiconductor Material and Device Characterization, Dieter K. Schroder, John Wiley & Sons, Inc., ISBN:9780471739067 S.M. Sze, Semiconductor Devices – Physics and Technology, John Wiley & Sons, Inc. 2002 P. Wellmann, Materialien der Elektronik und Energietechnik – Halbleiter Graphen, Funktionale Materialien, Springer-Vieweg 2015 (1st edition) and 2019 (2nd edition)

Biomaterials

1	**Module name** 46265	**Advanced applications: Biofabrication and Drug Delivery** Advanced applications: Biofabrication and drug delivery	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum "Biofabrication and Drug Delivery" (0 SWS) Vorlesung: Biofabrikation (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr.-Ing. Rainer Detsch	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Vorlesung Biofabrikation* • Anwendungsfelder Additive Fertigung- Grundprinzip • Aufbau und Funktionsweise eines 3D Druckers • Unterschiedliche Systeme des 3D Druckens • Anforderungen an Biotinten • Eigenschaften synthetischer und natürlicher Biotinten • Synthese und Vernetzungsmechanismen von Hydrogelen • mechanische und chemische Charakterisierung der Biotinte • Zell-Drucken und Zell-Reifung • Verschiedene Anwendungen der Biofabrikation: Organ on a Chip und Gewebeanaloga *Praktikum "Drug Delivery Systeme"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Hydrogele *Prakikum "3D Drucken"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Additive Fertigung von Biopolymeren: 3D Extrusionsdrucken von Polycaprolacton und Alginat |*Content:*| *Lecture Biofabrication* • Application fields Additive Manufacturing- basic principle • Setup and operating principle of 3D printer • Different systems of 3D printing • Requirements for bioinks • Properties of synthetic and natural bioinks • Synthesis and cross-linking of hydrogels • Mechanical and chemical characterisation of bioinks • Cell-printing and cell-maturation • Different applications of biofabricaation: Organ on a Chip and tissue analogs *Practical "Drug Delivery Systems":* Experimental work to consolidate the content oft he lecture course hydrogels *Practical "3D Printing":* Experimental work to consolidate the content of the lecture course Additive Manufacturing of Biopolymers: 3D Extrusion printing of Polycaprolacton and Alginate
6	**Learning objectives and skills**	* Biofabrikation* Die Studierenden • erfassen die Wichtigkeit verschiedener Konzepte im Bereich der Biofabrikation.

		• lernen physikalische/chemische Grundlagen von Hydrogelen, Zellen-Gewebe und 3D Drucken.
		• versehen der Interaktion von Biotinte, 3D Drucken und Zellen
		• verstehen der Mechanismen der 3D Generierung: |Organ on a Chip bis hin zu Gewebeanaloga|
		Praktikum Drug-Delivery-Systeme
		Die Studierenden
		•
		  ° lernen das sterile Arbeiten, Pipettieren und Mikroskopieren.
		  ° verstehen die Freisetzungskinetik von Drug-Delivery-Systemen.
		  ° haben einen Überblick über Methoden der Herstellung und Charakterisierung von Mikrokapseln im Hinblick auf die biomedizinische Anwendung.
		  ° grasp the importance of the different concepts in the area of biofabrication.
		  ° learn physical/chemical fundamentals on hydrogels, cells-tissues and 3D printing.
		  ° understand the interaction between bioinks, 3D printing and cells
		  ° understand the mechanisms of 3D generation: from Organ on a Chip to tissue analogs
		  ° understand the importance of polymeric materials for biofabrication processes *Practical 3D-Printing* The students learn to work in sterile conditions, using a pipette and microscope. understand the release kinetics of drug-delivery-systems. get an overview on fabrication and characterisation methods of microcapsules in regards of biomedical applications.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable (45 minutes) derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	*Biofabrikation/Biofabrication* • Moroni, L., et al. (2018). "Biofabrication: A Guide to Technology and Terminology. Trends in Biotechnology. • Groll, J., et al. (2018). "A definition of bioinks and their distinction from biomaterial inks. Biofabrication, 11(1) • Valot, L., Martinez, J., Mehdi, A., and Subra, G. (2019). "Chemical insights into bioinks for 3D printing. Chemical Society Reviews, 48(15), 40494086. • Yi, H.-G., Lee, H., and Cho, D.-W. (2017). "3D Printing of Organs-On-Chips. Bioengineering, 4(4), 10. *Drug-Delivery-Systeme/Drug-Delivery-Systems* • Augst, A. D., Kong, H. J., and Mooney, D. J. (2006). "Alginate hydrogels as biomaterials. Macromolecular bioscience, 6(8), 623633. • Smidsrød O, Skjåk-Braek G. (1990) "Alginate as immobilization matrix for cells. Trends Biotechnol.;8(3):71-8. • Productinformation: Bradford Reagent, Prod.No. B6916, Sigma * 3D Drucken/3D Printing* • Liaw, C. Y., and Guvendiren, M. (2017). "Current and emerging applications of 3D printing in medicine. Biofabrication. • Chia, H. N., and Wu, B. M. (2015). "Recent advances in 3D printing of biomaterials. Journal of Biological Engineering, 9(1), 4.

1	**Module name** 46266	**Advanced applications: Composites and Surfaces** Advanced applications: Composites and surfaces	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik* • Vorteile von Verbundwerkstoffen als Werkstoffe in der Medizin • Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen • Beispiele für Verbundwerkstoffe und deren Einsatz in der Medizintechnik • Bedeutung der Nanomaterialien in der Medizintechnik • Charakterisierung von Nanomaterialien • Nanoteilchen, Nanotubes • Zelltoxizität und Grenzen des Einsatzes von Nanoteilchen in der Medizintechnik • Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Nanoteilchen • Kolloidale Prozesse und Funktionalisierung von Nanoteilchen • Herstellung von Nanoteilchen auf der Bioroute • Biogene Nanopartikel • "Green Chemistry" für die Herstellung von Nanoteilchen • Ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Nanobiomedizin. *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine* This course introduces the basics of chemistry and physics of surfaces including characterization methods for biomaterial surfaces. Surface properties which are relevant for protein and cell attachment are discussed. Fundamentals of protein and protein adsorption on biomaterials are presented as well as the effect of chemical composition, topography, hydrophobic and hydrophilic surfaces, stiffness of the biomaterial and ion release effects from the biomaterial on cell attachment and success of the implanted material in general. The lecture also gives surface modification strategies for implants and scaffolds including biomedical coatings and bioactive surfaces. The course covers also functionalization strategies for biomaterials. Protein adsorption mechanisms and the basics of the interaction between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered. Protein adsorption mechanisms and the basics of the interaction between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered. *Dentale Biomaterialien* • Aufbau der Zähne • Zahnkrankheiten • Biomechanik • Dentale Konstruktionslehre, Präparation • Zemente & Polymere • Befestigung am Zahn • Befestigung am Substrat

		• Implantate • digitaler Workflow, klinische Fraktografie • Mechanische Eigenschaften & Prüfung • Dentalkeramik |*Content:*| *Composite materials and nanomaterials in medical technology* • Advantages of composites as materials for medicine • Microstructure-property-correlation in composites • Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen • Examples of composites and their usage in medical technology • Importance of nanomaterials in medical technology • Characterisation of nanomaterials • Nanoparticles, nanotubes • Cell toxicity and limitations of use of nanoparticles in medical technology • Sol-gel-processes for fabrication of nanoparticles • Colloidal processes and functionalization of nanoparticles • Production of nanoparticles using the bio-route • Biogenic nanoparticles • "Green chemistry" for the synthesis of nanoparticles • Selected examples from the area of nanobiomedicine *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:* see above *Dental Biomaterials* • Structure of teeth • Tooth diseases • Biomechanics • Dental design theory, preparation • Cements & polymers • Attachment on teeth • Attachment on substrate • Implants • Digital workflow, clinical fractography • Mechanical properties and examination • Dental ceramics
6	**Learning objectives and skills**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik* Die Studierenden • gewinnen einen Überblick über die aktuell und zukünftig in der Medizintechnik eingesetzten Nanomaterialien. • kennen spezifische Eigenschaften, Anwendungen und Vorteile von Nanokompositen. • verstehen die Zusammensetzung und Entwicklung solcher Verbundwerkstoffe für die Medizintechnik in Anwendungen wie Beschichtungen, Scaffolds, Drug-Delivery Systeme und antimikrobielle Oberflächen. *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:* see below *Dentale Biomaterialien*

Die Studierenden

- kennen den Aufbau und die Struktur von Zähnen und die daraus abgeleiteten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.
- kennen die Struktur und die Zusammensetzung dentaler Biomaterialien wie hochgefüllte Polymere, Dentalkeramiken oder Titanimplantate.
- verstehen die relevanten Krankheitsbilder, die zum Zahnverlust führen können und bekommen Einblick in die Kariesätiologie.
- entwickeln das Verständnis für die Prinzipien dentaler Konstruktionslehre (Kavitätenpräparation) im Hinblick auf die unterschiedlichen Restaurationsmaterialien und Befestigungstechniken.
- klassifizieren die Prinzipen der dentalen Befestigungstechnik und speziell der adhäsiven Klebetechnik.
- können den Unterschied zwischen direkter, plastischer Füllungstherapie und indirekten, prothetischen Restaurationen diskutieren.
- sind in der Lage dentale Biomaterialien, anwendungsspezifisch hinsichtlich mechanischer, physikalischer, chemischer und biologischer Eignung zu untersuchen.

|*Educational objectives and competences:*|

Composite Materials and Nanomaterials in Medical Technology

The students

- obtain an overview on the current and future nanomaterials used in medical technology.
- know specific properties, applications and advantages of nanocomposites.
- understand the composition and development of such composite materials for medical technology for applications such as coatings, scaffolds, drug-delivery systems and antimicrobial surfaces

Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine

The students

- learn the basics of different aspects of interfaces of biomaterials. In particular, focus will be placed on the interaction between different biomaterials (polymers, metals, ceramics) with the physiological fluids and the surrounding tissue.
- can apply their knowledge in order to judge the success of the different biomaterials and to optimize the surface properties for specific applications
- know and can explain methods of surface characterization.

Dental biomaterials

The students

		• know the structure of a tooth and their mechanical and physical properties. • understand the structure and the composition of dental biomaterials, such as highly filled polymers, dental ceramics or titanium implants. • understand the relevant clinical pictures, which lead to tooth loss, and an insight into the etiology of caries formation. • develop an understanding for the principles of dental design theory (Cavity preparation) with view to the different restoration materials and fixation techniques, • classify the principles of dental fixation techniques, in particular the adhesive technique. • can discuss the difference between direct, plastic restorative therapy and indirect, prosthetic restorations. • are able to examine dental biomaterials from a user specific standpoint regarding mechanical, physical, chemical and biological suitability.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	english
16	**Bibliography**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik/ Composites and nanomaterials in medical technology* • Ambrosio (ed.): Biomedical composites; Oxford, 2010 • Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 2009 *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine* • Biomaterials Science, 2nd ed., B. D Ratner et al. (eds.), Elsevier, 2004. • Surface Modification of Biomaterials: Methods analysis and applications, R. Williams (ed.), Woodhead Publishing, 2010

		Further recommended reading will be announced in the lectures. *Dentale Biomaterialien/Dental Biomaterials* • Rosentritt M., Ilie N., Lohbauer U. Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Thieme Verlag. 2018 (ISBN 978-3-1324-0123-5)

1	**Module name** 46264	**Advanced Applications: Tissue Engineering** Advanced applications: Tissue engineering	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Biomaterials for Tissue Engineering* • Tissue Engineering und regenerative Medizin: Konzepte, Definitionen und historische Entwicklung • Scaffolds: Anforderungen, Herstellung und Charakterisierung • Beispiele: scaffolds für Tissue Engineering von Knochen und Weichgeweben • Neue Konzepte: multifunktionelle scaffolds • Medikamentös wirksame scaffolds: Tissue Engineering und drug delivery *Praktikum "Tissue Engineering"* • Versuch 1: Polymer-beschichtete bioaktive Scaffolds für Knochen Tissue Engineering (Grundlagen des Tissue Engineerings [TE; Definitionen] mit dem Schwerpunkt auf Knochen-TE; Ansprüche an Scaffolds für Knochen-TE; Materialien für Scaffolds für Knochen-TE) • Versuch 2: Elektrophoretische Abscheidung von Funktionsschichten auf Biomaterialien |*Content:*| *Biomaterials for Tissue Engineering* • Tissue engineering and regenerative medicine: concepts, definitions and historical development • Scaffolds: requirements, fabrication and characterisation • Examples: scaffolds for tissue engineering of bone and soft tissues • New concepts: multifunctional scaffolds • Medicinally active scaffolds: Tissue engineering and drug delivery *Practical "Tissue Engineering"* • Experiment 1: Polymer-coated bioactive scaffolds for bone tissue engineering (basics of tissue engineering [TE; definitions] with emphasis on bone TE; materials for scaffolds for bone TE) • Experiment 2: Electrophoretic deposition of functional coatings for biomaterials
6	**Learning objectives and skills**	*Biomaterials for Tissue Engineering* Die Studenten sollen • die überragende Wichtigkeit der Konzepte des Tissue Engineering und die Rolle der Biomaterialien dabei erfassen. • mit der Bedeutung, Herstellung, Charakterisierung, Einsatz und Bewertung von Gerüststrukturen im Tissue Engineering vertraut sein.

Praktikum "Tissue Engineering"
|Versuch 1: Polymer-beschichtete bioaktive Scaffolds für Knochen Tissue Engineering|
Die Studenten

- lernen kennen und wenden an: Herstellungsverfahren, Beschichtungsverfahrenund Charakterisierungsmethoden für scaffold für Knochen-TE.
- können: Ein Protokoll der Experimente erstellen.
- bewerten und diskutieren: Die Verfahren und Ergebnisse der Versuche.

|Versuch 2: Elektrophoretische Abscheidung von Funktionsschichten auf Biomaterialien|
Die Studenten

- lernen kennen: Die Anforderungen an Biomaterialien, den Einfluss der EPD-Abscheidungsparameter auf die Funktionalität der Schichten.
- lernen kennen und wenden an: Das Verfahren der Elektrophoretischen Abscheidung, die Kontaktwinkelmessung als Charakterisierungsmehtode von Oberflächen.
- bewerten und diskutieren: Funktionsschichten bezüglich Ihres Einsates als Biomaterialien; die Ergebnisse der Versuche und Verfahren.

|*Educational objectives and competences:*|
Biomaterials for Tissue Engineering
The students need to

- comprehend the paramount importance of the concepts of tissue engineering and the role of biomaterials therein.
- to be familiar with the significance, fabrication, characterisation, application and evaluation of scaffold structures for tissue engineering.

Practical "Tissue engineering"
|Experiment 1:| Polymer coated bioactive scaffolds for bone tissue engineering
The students

- are familiarised with and apply: fabrication methods, coating techniques and characterisation methods for scaffolds for bone tissue engineering.
- are able to: devise a protocol of the experiment.
- assess and discuss: the procedures and results of the experiments.

|Experiment 2:| Electrophoretic deposition (EPD) of functional coatings on biomaterials
The students

- get to know: the requirements for biomaterials, the influence of the EPD-process parameters on the functionality of the coatings.
- apply: the processes of EPD, contact angle measurements as a characterisation method for surfaces.

		• assess and discuss: functional coatings regarding their application as biomaterials, the results of the experiments and the process in general.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable (45 minutes) derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	*Biomaterials for Tissue Engineering* • Boccaccini, Gough, J.E. (eds.): Tissue engineering using ceramics and polymers; Cambridge, 2007 • Polak, Mantalaris, Harding (eds.): Advances in Tissue Engineering; Oxford u.a., 2010 • Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 52009 • Hench, Jones (eds.): Biomaterials, artifical organs und tissue engineering; Oxford, 2005 *Praktikum/Practical "Tissue Engineering"* • Literaturangaben (begleitend und zur Vorbereitung) finden sich in den aktuellen Versuchsanleitungen/Bibliographical references (supporting and for the preparation) are included in the current script.

1	**Module name** 46263	**Basics of Biomaterials** Basics of biomaterials	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum I "Basics of Biomaterials" (Herstellung biomimetischer Schichten) (0 SWS) Vorlesung: Cell-Material-Interactions (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Biomaterialien (Implantatwerkstoffe) (2 SWS) Übung: Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe) (2 SWS)	1,25 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr. Julia Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* • Definition Implantate • Geschichte der Biomaterialien • Beispiele für Implantate im menschlichen Körper z.B. Gelenkersatz, abbaubare Implantate, intraokulare Linsen etc. • Implantat-Beschichtungen • Testen von Biomaterialien *Zell-Werkstoff-Wechselwirkung* • Bedeutung der Oberfläche bei Biomaterialien • Grenzfläche Biomaterial/Zelle • Einfluss der Oberflächenchemie auf das Zellverhalten • Einfluss der Oberflächentopographie auf das Zellverhalten • Proteinadsorption auf Biomaterialoberflächen • Funktionalisierung von Biomaterialoberflächen/bioaktive Oberflächen *Praktikum "Basic of Biomaterials"* • Versuch 1 - Herstellung biomimetischer Schichten: Beschichtung von metallischen Substraten zur Erhöhung der Osteokonduktivität, Knocheneinheilungsprozesse an der Implantatoberfläche • Versuch 2 - Zell-Toxizität: Einfluss unterschiedlicher Biomaterial-Eluate auf das zelluläre Wachstum |*Content:|* *Biomaterials (Implant materials) and Tutorial on Biomaterials (Implant materials)* • Definition of implant • History of biomaterials • Examples of implants in the human body, e.g. joint replacement, resorbable implants, intraocular lenses etc. • Implant coatings • Testing of biomaterials *Cell-material-interaction*

		• Importance of the surface in biomaterials • Interface biomaterial/cell • Influence of surface chemistry on cell behaviour • Influence of surface topography on cell behaviour • Protein adsorption on biomaterial surfaces • Functionalisation of biomaterial surfaces/bioactive surfaces *Practical "Basics of Biomaterials"* • Experiment 1 Fabrication of biomimetic coatings: Coating of metallic substrates to improve osteoconductivity, bone healing processes on the implant surface. • Experiment 2 Cell toxicity: influence of different biomaterial eluates on cellular proliferation
6	**Learning objectives and skills**	*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* Die Studierenden • verstehen den Zusammenhang zwischen Eigenschaften eines Biomaterials und dessen Verhalten im menschlichen Körper • können den Erfolg von Biomaterialien im Körper anhand ihrer Eigenschaften beurteilen *Zell-Werkstoff-Wechselwirkung* Die Studierenden • verstehen die Bedeutung der Oberflächeneigenschaften für die Nutzung und Einsetzbarkeit von Biowerkstoffen. • entwickeln Verständnis über den Einfluss der Oberflächenchemie und -topographie von Biomaterialien auf die Zelladhäsion. *Praktikum "Basic of Biomaterials"* • Versuch 1 - Herstellung biomimetischer Schichten: Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Beschichtungen zur Verbesserung von Implantatoberflächen. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie man Oberflächeneigenschaften gezielt einstellen kann. • Versuch 2 - Zell-Toxizität: Die Studierenden verstehen die Bedeutung von In-vitro Zytotoxizitätsuntersuchungen und lernen Techniken zur Erfassung des Einflusses unterschiedlicher Materialklassen auf Zellproliferation und Zellmorphologie kennen und zu beurteilen. |*Educational goals and competences:*| *Biomaterials (Implant materials)* and *Tutorial on Biomaterials (Implant materials)* The students • should understand the connection between properties of a biomaterial and its behaviour in the human body. • can evaluate the success of a biomaterial in the body by means of the material properties. *Cell-material-interaction* The students • understand the importance of surface properties for the application and the usability of biomaterials.

		• develop an understanding of the influence of surface chemistry and topography of biomaterials on cell adhesion. *Practical "Basics of Biomaterials"* • Experiment 1 Fabrication of biomimetic coatings: The students understand the importance of coatings to improve the surface properties of implants. Different possibility are shown how the surface properties can be tailored to a given application. • Experiment 2 - Cell-toxicity: The students understand the significance of in-vitro cell toxicity investigations and get to know and evaluate the techniques to determine the influence of different material classes on cell proliferation and cell morphology
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)*/*Biomaterials (Implant materials)* and *Tutorial on Biomaterials (Implant materials)* • B.Ratner et al "Biomaterials science. An introduction to materials in medicine" Elsevier • E. Wintermantel, S.-W. Ha "Medizintechnik und Life Science Engineering" Springer Verlag • M. Tanzi et al. "Foundations of Biomateral's Engineering" Academic Press *Zell-Werkstoff-Wechselwirkung*/*Cell-material-interaction* • ° Will, J., Detsch, R. & Boccaccini, A. R. Structural and Biological Characterization of Scaffolds. in Characterization of Biomaterials 299310 (2013). doi:10.1016/B978-0-12-415800-9.00008-5 Langer, R. & Tirrell, D. A. Designing materials for biology and medicine. Nature (2004). doi:10.1038/nature02388 Augst, A. D., Kong, H. J. & Mooney, D. J. Alginate

		hydrogels as biomaterials. Macromol. Biosci. 6, 623633 (2006). *Praktikum/Pratical "Basic of Biomaterials"* Literaturangaben (begleitend und zur Vorbereitung) finden sich in den aktuellen Versuchsanleitungen/Bibliographical references (complementary and for preparation) are found in current script.

1	**Module name** 22802	**Grundlagen der Anatomie und Physiologie** Foundations of anatomy and physiology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker, Naturwissenschaftler und Ingenieure (2 SWS)	-
3	Lecturers	Dr. Jana Dahlmanns Prof. Dr. Christian Alzheimer Prof. Dr. Peter Soba	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	Die Grundlagen der menschlichen Physiologie und Anatomie werden betrachtet. Dabei wird das grundlegende menschliche Nervensystem, Auge, Ohr, das somatosensorische System und die zentrale Motorik des Menschen betrachtet. Im zweiten Teil der Vorlesung wird das Herz-Kreislauf System sowie das Magen-Darm System und der Blut- und Atmungskreislauf erklärt. **Content:** The fundamentals of human physiology and anatomy are contemplated. At the same time, the underlying human nervous system, the eye, the ear, the somatosensory system and the central motor function of humans is detailed. In the second part of the lecture course, the cardiovascular system as well as the gastrointestinal and the blood circulation and breathing circuit are explained.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen den grundlegen Aufbau des menschlichen Körpers. • verstehen die Mechanismen des Blut- und Atmungskreislaufs, Motorik und des Herz- Kreislaufsystems. **Educational Goals and Competences:** The students • know the fundamental structure of the human body. • understand the mechanisms of blood and breathing circulation, motor function and the cardiovascular system.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232 derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Geeignete begleitende Literatur wird in der Vorlesung genannt./ Relevant accompanying literature will be detailed during the lecture.

Materials Simulation

1	**Module name** 46272	**Discrete and Continuum Simulation** Discrete and continuum simulation	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Foundations of Finite Element Simulation (Lecture/Tutorial) (1 SWS) Vorlesung mit Übung: Numerische Methoden in den Werkstoffwissenschaften - Atomistische Methoden (4 SWS, SoSe 2024) Vorlesung mit Übung: Numerical Methods in Materials Science: Atomistic Modelling (SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser Prof. Dr.-Ing. Erik Bitzek Prof. Dr. Luca Ghiringhelli	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Atomistic simulation methods; 2. Molecular dynamics simulations 3. Statics and energy minimization; 4. Continuum models for materials simulation 5. Mathematical formulation and discretization schemes 6. Finite element method
6	**Learning objectives and skills**	The students • understand and operate the state-of-the-art modeling techniques in materials simulation, both at the atomistic level and in the continuum. • acquire advanced knowledge of the molecular dynamics methods, • acquire advanced knowledge of the finite element method • acquire advanced knowledge of the advanced techniques of data analysis that are relevant in material modeling, both in research and in applications.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46271	**Foundations of Materials Simulation** Foundations of materials simulation	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Multi-scale Simulation Methods (Lecture and Tutorial) (2 SWS) Praktikum: Kernfachpraktikum Werkstoffsimulation (WW8) (0 SWS) Seminar: Introduction to Advanced Maths and Calculus (1 SWS) Übung: Multi-scale Simulation Methods (Tutorial) (1 SWS) Seminar: Scientific Programming with Python (1 SWS) Vorlesung mit Übung: test (SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS - - - -
3	Lecturers	PD Dr. Paolo Moretti Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Mathematical and numerical background in materials simulation; 2. Molecular dynamics; 3. Monte Carlo methods; 4. Kinetic Monte Carlo method; 5. Finite element method; 6. Phase field method; 7. Lattice and network models.
6	**Learning objectives and skills**	The students • gain an overview of the problem of materials simulation across scales • acquire knowledge on the general aspects of both atomistic and continuum modeling • gain experience in the practical application of these methods to real problems of materials mechanics modeling. • learn techniques of programming and data analysis of relevance in materials science • which includes theoretical content and hands-on experience
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (30 Min.) currently taking an oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h

14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46276	**Foundations of phase field modelling**	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Introduction to Phase Field Simulation (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Materials Simulation with Phase Field (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	Dr. Frank Wendler
5	**Contents**	1. Continuum modeling; 2. Introduction to the phase field method; 3. Advanced materials simulation with the phase field method; 4. Practicals and hands-on activities
6	**Learning objectives and skills**	Students • gain an extensive knowledge of the phase field method, from the more general aspects to the most advanced current applications • become familiar with the theoretical tools of the phase field method • acquire the practical aspects of its numerical implementations, through extensive practical sessions.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46274	**Materials Informatics** Materials informatics	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Driven Materials Science (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Computational Models of Biomaterial Failure (2 SWS) Vorlesung: Computational Materials Engineering and Data Science for Industrial Application (2 SWS, SoSe 2024)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Luca Ghiringhelli PD Dr. Paolo Moretti Dr. Johannes Möller	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Data science in materials modeling 2. Correlations and methods of statistical inference 3. Machine learning techniques 4. Elements of high performance computing 5. Data structures in microstructure modeling
6	**Learning objectives and skills**	the students • acquire advanced knowledge of computer-based techniques of data analysis and materials modeling • learn methods of relevance in the treatment of data coming from both simulations and experiments. • become familiar with concepts and tools of machine learning and high performance computing, of relevance in the study of materials properties, through extensive practical sessions
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46273	**Material Theory** Material theory	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Generalized Continuum Models of Materials Mechanics (1 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Foundations of Computational Materials Science (1 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Theoretical foundations of atomistic models 2. Coarse graining and formulation of continuum theories 3. Generalized continuum theories.
6	**Learning objectives and skills**	students learn the theoretical foundations of the models behind current state-of-the-art simulation techniques • develop a critical understanding of current modeling tools and approximation methods • develop a critical understandingof relevance both for atomistic modeling and for continuum approaches
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46275	**Microstructure Modeling** Microstructure modeling	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Dislocation Theory and Dislocation Simulation (Tutorial) (1 SWS) Vorlesung: Dislocation Theory and Dislocation Simulation (Lecture/Tutorial) (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Modelling Materials with Finite Element Simulations (Tutorial) (1 SWS) Seminar: Seminar Computational Materials Science (2 SWS)	1 ECTS 2,5 ECTS 1,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Finite element simulation methods 2. Dislocation theory and simulation 3. Discrete and continuum microstructural modeling 4. Discretization schemes 5. Network models
6	**Learning objectives and skills**	Students • develop advanced knowledge in the field of computer-aided microstructure modeling techniques. • develop advanced knowledge in discrete methods • develop advanced knowledge in continuum models in conjunction with the appropriate discretization techniques. • understand the theoretical aspects of continuum and discrete microstructure
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	

Micro- and Nanostructure Research

1	**Module name** 46284	**3D Characterization in Materials Science** 3D characterization in materials science	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the application of 3D characterization methods in materials science. Techniques on different length scales (meters down to angstroms) using different probes (e.g. visible light, X-rays, electrons) are covered. The aim of this module is to give an overview over available techniques, to teach the underlying physical principles and to point out specific advantages, challenges and limits, demonstrated on recent research examples. Focal topics are transmission tomography methods on the nano- and microscale, namely high-resolution X-ray computed tomography (Nano-CT) and electron tomography. Sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction, data handling and analysis are taught in both the lecture and the practical course. The theoretical background of 3D reconstruction techniques for transmission tomography is also part of the lecture.
6	**Learning objectives and skills**	**Professional competence** **Knowledge** Overview over 3D characterization techniques on different length scales using different probes, demonstrated on recent research examples **Understanding** Understand the underlying physical principles and specific advantages, challenges and limits of different 3D techniques in materials science **Analyzing** Learn theoretical and practical aspects of sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction and analysis of transmission tomography on the nanoscale
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) ---------- currently taking an oral exam (15 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**	english
16	**Bibliography**	• G. Hübschen, I. Altpeter, ... H.-G. Herrmann: Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods. Elsevier. • J. Frank: Electron Tomography - Methods For Three-Dimensional Visualization of Structures in the Cell. Springer. • T. M. Buzug: Computed Tomography. Springer. • Burnett et al. 2014, Correlative Tomography, Scientific Reports 4, 4711. • Hauser et al. 2017, Correlative Super-Resolution Microscopy: New Dimensions and New Opportunities, Chem. Rev. 117, 7428-7456. • Lecture notes.

1	**Module name** 46282	**Applied Micro- and Nanostructure Research** Applied micro- and nanostructure research	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Kernfachpraktikum Mikro- und Nanostrukturforschung (2 SWS) Praktikum: Practical Course Electron Microscopy II (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Johannes Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	Practical introduction, application and hands-on experience of TEM and SEM techniques for materials characterization. Recommended is the assignment to the module "Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology. The practical courses is organized as follows: Practical Course Electron Microscopy I (WS): 3 days of practical course "as block during the first week of the semester break in February Practical Course Electron Microscopy II (SS): 4 days of practical course during the lecture period
6	**Learning objectives and skills**	**The studentswill gain** deeper knowledge and understanding of fundamentals of electron microscopy techniques **Applications** Hands-on experience on SEM and TEM instruments Application of advanced microcopy techniques Evaluieren (Beurteilen) Fundamentals of image and data analysis
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	Practical course descriptions Lecture notes Transmission Electron Microscopy in Material Science I & II Lecture notes Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology

1	**Module name** 46281	**Fundamentals of Micro- and Nanostructure Research** Fundamentals of micro- and nanostructure research	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Transmission Electron Microsopy in Material Science 2 (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science I (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science II (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr. Mingjian Wu Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Johannes Will Dr. Stefanie Rechberger	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module deals with the fundamentals of micro- and nanostructure research with the focus on todays state-of-the art capabilities of transmission electron microscopy in the investigation of materials down to the atomic scale. The module begins with the basic physics of fast electrons, their generation and guidance by electromagnetic fields and their interaction with matter in the specimen and the detector. Afterwards various imaging (BF, DF, HRTEM, STEM), diffraction (ED, CBED), spectroscopic (EDXS, EELS, EFTEM) and 3D (ET) techniques including their applications to current research topics will be introduced. The aim is always to give insight into both the contrast mechanisms and physics of as well as the achievable information delivered by the different techniques.
6	**Learning objectives and skills**	**The students acquire specialist skills** • Basic concepts of the interaction of fast electrons with matter • Introduction of TEM components and their functionality • Knowledge about the application of high resolution techniques for nanomaterials • Verstehen • In-depth understanding of microscopy techniques for micro- and nanostructure research • In-depth understanding of basic and advanced imaging, diffraction and spectroscopic TEM techniques and their application to material science **Application** • Hands-on-training on modern analysis software for EM applications • Each topic will be accompanied with suitable exercises • analyze • Insight into the structure property relationship of materials
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	• Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis; • Williams & Carter: Transmission Electron Microscopy; • Reimer & Kohl: Transmission Electron Microscopy; • Fultz & Howe: Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials; • Reimer: Transmission Electron Microscopy; • De Graef: Introduction to Conventional Transmission Electron Microscopy; • Reimer: Scanning Electron Microscopy; • P. Haasen: Physikalische Metallkunde; • G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde; • J. M. Cowley: Diffraction Physics

1	**Module name** 46283	**Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology** Scanning electron microscopy in materials science and nanotechnology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Thomas Przybilla Dr. Johannes Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the introduction to and application of Scanning Electron Microscopy (SEM) in Materials Science and Nanotechnology and comprises a lecture with corresponding exercises. Amongst others, the following topics are addressed: • Components of an SEM instrument • Elastic/inelastic electron-probe/sample interactions, interaction volume, generation of secondary and backscattered electrons • Contrast mechanisms of different detector systems • Topographic und chemically-sensitive imaging • Electron diffraction and its application in SEM • Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM) • Quantitative X-ray spectroscopy • Focused ion beams (Dual-Beam FIB, He-ion microscopy) **Preparation-specific challenges** Application examples Specific topics are accompanied with suitable exercises (e.g. Monte-Carlo simulations to simulate electron trajectories).
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • professional competence • knowledge • Introduction to the basic concepts of and physics behind SEM **Understanding** Overview over applications and deeper understanding of SEM and FIB techniques in materials science on the micro- and nanoscale Enhancement of knowledge through teaching of current SEM applications and state-of-the-art developments in research **Application** Application and consolidation of taught contents by SEM-related exercises
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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**	Reimer, Scanning Electron Microscopy, Springer Verlag. Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis Goldstein et al., Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis (2003) N. Yao, Focused Ion Beam Systems, Basics and Applications, Cambridge University Press, 2010. L.A. Gianuzzi, F.A. Stevie, Introduction to Focused Ion Beams. Instrumentation, Theory, Techniques and Practice, Springer, 2005. J. Orloff, M. Utlaut, L. Swanson, High Resolution Focused Ion Beams: FIB and its Applications, Springer, 2003 Lecture notes.

1	**Module name** 46285	**Scattering Methods for Nanostructured Materials** Scattering methods for nanostructured materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Scattering Methods for Nanostructured Materials (2 SWS) Übung: Exercise Scattering Methods for Nanostructured Materials (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Will Prof. Dr. Erdmann Spiecker	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the application of scattering methods for crystal structure determination in general (diffraction), the investigation of supported nanostructures and thin films (grazing incidence diffraction and reflectometry) and for the size and shape analysis of nanostructures in solution (small-angle scattering). Basic concepts of Fourier transforms will be applied to the interaction of a primary probe with a periodically ordered object. Moreover, the impact of multiple scattering events on the diffracted intensity and its angular dependence will be discussed in a unified model for neutrons, x-rays and electrons. Those theoretical considerations will built the basis for the understanding of the methods named above. For all methods, current published research examples will be showcased.
6	**Learning objectives and skills**	**The students** Unterstanding professional competences Basics of Fourier transform and convolution Understanding of the interaction of neutrons, x-rays and electrons with atoms and their arrays Physical principles of the interaction of a scattering probe with an extended crystalline lattice Understanding how scattering methods contribute and which kind of information can be extracted for todays challenges in material science **Appliation** Each topic will be accompanied with suitable exercises
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral
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**	• D.S. Sivia: Elementary Scattering Theory • B.E. Warren: X-ray Diffraction • J. M. Cowley: Diffraction Physics • A. Authier: Dynamical Scattering Theory • Als-Nielsen & McMorrow: Elements of modern X-ray physics • J. Daillant and A. Gibaud: X.ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications • Renaud et al. 2009, Probing surface and interface morphology with Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering, Surface Science Reports 64, 255-380. • Rivnay et al. 2012, Quantitative Determination of Organic Semiconductor Microstructure from the Molecular to Device Scale, Chem. Rev. 112, 5488-5519.

General Materials Properties

1	**Module name** 46201	**Angewandte Grundlagen** Applied fundamentals	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Angewandte Grundlagen der Werkstoffwissenschaften 2 (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Structural Materials I (2 SWS) Übung: Structural Materials I - Exercise (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Übungen zu Angewandte Grundlagen der Werkstoffwissenschaften 2 (2 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 3 ECTS 2,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Mathias Göken Prof. Dr. Peter Felfer Heinz Werner Höppel Dr.-Ing. Steffen Neumeier Dr. Michael Wurmshuber	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Mathias Göken
5	**Contents**	*Angewandte Grundlagen I+II, V, 2x2 SWS, 5 ECTS* Blickpunkt steht die Beziehung zwischen Mikrostruktur / Aufbau der Werkstoffe und ihren mechanischen Eigenschaf-ten. Hierzu werden grundlegende Verformungs- und Schädigungsmechanismen besprochen und auf technisch relevante Legierungen übertragen. Die Inhalte im Einzelnen: • Mechanische Eigenschaften (Ein- und Vielkristallverformung, Verformungsmechanismen) • Bruchmechanik (Grundlagen, Anwendungen) • mikrostruktureller und atomarer Aufbau auf unterschiedlichen Längenskalen sowie die daraus ableitbare Eigenschaften) • Verbundwerkstoffe • Simulationstechniken und deren Anwendung • Phasenumwandlungen und Ausscheidungskinetik *Übungen zu Angewandten Grundlagen I+II, 2x2 SWS, 5 ECTS* Anhand von Übungsaufgaben werden die Vorlesungsinhalte der VL Angewandte Grundlagen vertieft. Themenschwerpunkte: • Simulationstechniken • Verformungsmodelle • Ausscheidungskinetik • Experimentelle Techniken • Bruchmechanik Structural Materials (Applied Fundamentals) I+II, V, 2x2 SWS, 5 ECTS The focus is on the relationship between microstructure / structure of materials and their mechanical properties. Basic deformation and damage mechanisms are discussed and applied to technically relevant alloys. The contents in detail: • Mechanical properties (single and multi-crystal deformation, deformation mechanisms) • Fracture mechanics (fundamentals, applications)

		• microstructural and atomic structure on different length scales and the properties that can be derived from them) • composite materials • simulation techniques and their application • phase transformations and precipitation kinetics Exercises on Structural Materials (Applied Fundamentals) I+II, 2x2 SWS, 5 ECTS • The lecture contents of the lecture Applied Fundamentals are deepened by means of exercises. Main topics: • Simulation techniques • deformation models • Precipitation kinetics • Experimental techniques • Fracture mechanics
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz* Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen • können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • verstehen die Vorgänge und Eigenschaften von Werkstoffen auf verschiedenen Größenskalen • erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukturen • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären • wenden und beurteilen Simulationsmethoden und können diese klassifizieren • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials • can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams • deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms

		• can develop and verify structure-property correlations • independently evaluate structure-property relationships using examples • understand the processes and properties of materials on different size scales • acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials, characterize different structures • deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and can explain them • apply and evaluate simulation methods and can classify them • deepen the learned contents by exercises and practical training • learn and apply new methods • *Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • Simulationstechniken • Materialwissenschaftliche Lösungsstrategien Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired: • Simulation techniques • Material science solution strategies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (30 min.) oral exam (30 minutes)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46208	**Eisen- und Stahlwerkstoffe** Iron and steel materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Iron and Steel I (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Peter Felfer	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Peter Felfer
5	**Contents**	Eisen- und Stahlwerkstoffe I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS • Grundlagen der Stahlherstellung • Grundlagen der Wärmebehandlungen • Eigenschaften und Anwendung der verschiedenen Stahlklassen • Schweißmetallurgie • Eigenschaften und Anwendungen von Eisengusswerkstoffen Content: Iron and steel materials I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS • Basics of steel production • Basics of heat treatments • Properties and application of the different steel classes • Welding metallurgy • Properties and applications of iron casting materials
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe Eisen und Stahl und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen bei Stählen • können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen bei Stählen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären *Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • ° deepen their knowledge of the diverse structural compositions of iron and steel materials and are able to evaluate them

		° deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials ° can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams ° deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms of steels ° can develop and check structure-property correlations for steels ° independently assess structure-property relationships using examples ° deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain these relationships. ° Basic experimental techniques
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46207	**Materialcharakterisierung** Material characterization	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Atom Probe Tomography (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Anforderungen der Industrie an Werkstoffingenieure (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Atomsondenmikroskopie_School (1 SWS) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbesprechung Praktika in Mastermodulen WW 1 inkl. Sicherheitsbelehrung (0 SWS) Übungsseminar: Quantitative Gefügeanalyse (Stereologie) (1 SWS) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbesprechung der Lehrveranstaltungen WW I (0 SWS) Vorlesung mit Übung: Röntgenmethoden in der Materialanalyse (1 SWS, SoSe 2024)	1 ECTS 3 ECTS 1 ECTS - 1,5 ECTS - 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Peter Felfer Prof. Dr. Peter Weidinger Heinz Werner Höppel Dr.-Ing. Martin Weiser Dr.-Ing. Steffen Neumeier Prof. Dr. Mathias Göken	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Steffen Neumeier
5	**Contents**	Quantitative Gefügeanalyse, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS • Einführung in die Quantitative Gefügeanalyse und die dazugehörigen Meßmethoden • Auswertemethoden • Grundlagen der Statistik • Praktische Anwendung von Image C Röntgenmethoden in der Materialanalyse, V, 1 SWS, 1 ECTS • Grundlagen der Röntgen-/Synchrotron-/Neutronenbeugung • Experimentelle Methoden • Anwendung in der Materialanalyse (Gitterkonstantenbestimmung, Spannungsanalyse, Texturanalyse,) Anforderungen der Industrie an einen Werkstoffingenieur: • Grundlagen industrieller Planungen im Werkstoffumfeld • Industrielle Lösungsstrategien bei Werkstofffragestellungen • Industrielle Charakterisierungsverfahren Quantitative Microstructural Analysis, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS • Introduction to quantitative microstructure analysis and the corresponding measuring methods • Evaluation methods • Basics of statistics

		• Practical application of Image C X-ray methods in materials analysis, V, 1 SWS, 1 ECTS • Basics of X-ray/synchrotron/neutron diffraction • Experimental methods • Application in material analysis (determination of lattice constants, stress analysis, texture analysis,...) Fundamentals of Failure Analysis, V+Ü+P 0.5+1+0.5 SWS, 0.5+1+0.5 ECTS • Basic procedure of damage analysis • Damage hypotheses • Case studies from practice • Practical test to deepen the contents
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukutren • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen Grundlagen der Schadensanalyse, wenden diese an Beispielfällen an und stellen Schadenshypothesen auf Lern- bzw. Methodenkompetenz Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • Grundlegende Experimentiertechniken • Quantitative Gefügeanalyse • Grundlegende Methoden der Röntgenbeugung Technical competence Evaluating (assessing) Students will • deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials • independently assess structure-property relationships using examples • acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials and characterize different structures • deepen the learned contents by exercises and practical training • learn and apply new methods

		• learn the basics of damage analysis, apply them to example cases and establish damage hypotheses Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired: • Basic experimental techniques • Quantitative microstructure analysis • Basic methods of X-ray diffraction
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46248	**Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse** Tribiology, surface finishing and damage analysis	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Heinz Werner Höppel
5	**Contents**	*Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 2 ECTS* • Beschichtungstechnologien • Grundlagen der Tribologie • Verschleißmechanismen • Einführung in die Oberflächentechnik *Schadensanalyse metallischer Werkstoffe, V, 2 SWS, 2 ECTS * Praktikum:Tribologie, 1 SWS, 1 ECTS* *Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum, 1 SWS, 1 ECTS* • Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse • Schadenshypothesen • Schadensabhilfemaßnahmen • praktische Fallbeispiele Courses: Lectures: 1) Materials: Tribology and Surface Engineering (Lecture with exercise, 2 SWS) Failure analysis of metallic materials Lecture with exercise, 2 SWS) Practical Courses: 1) Tribology: Practical Course, 1 SWS expected start 2nd half of the semester! 2) Failure analysis of metallic materials Practical course, 1 SWS, block course Content: • Tribology and Surface Technology, • Coating Technologies • Basics of tribology • Wear mechanisms • Introduction to surface technology • Failure Analysis • Practical course: Tribology • Practical Course: Failure Analysis
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen

		• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge • vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese eklären • vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen Technical competence Evaluating (assessing) Students will • deepen their knowledge about the various structural compositions of materials and are able to evaluate the • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials and of tribological processes • deepen their knowledge of coating technologies and coating properties • deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to clarify these relationships • deepen their knowledge through practical training • learn and apply new methods • learn and understand tribological processes and evaluate criteria for selecting materials and coatings for tribological applications • learn and understand failure analysis methods • apply learned methods and strategies in case studies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently oral exam (15 min.)
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**	

Materials Science and Engineering for Metals

1	**Module name** 46213	**Additive Fertigung** Additive Manufacturing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• basis of additive manufacturing • methods of additive manufacturing • material phenomena in additive manufaturing • epitaxiale solidification • cracking • characterization of additively manufactured components • alloy development for additive manufacturing • practical work in the field of additive manufacturing
6	**Learning objectives and skills**	The students: • are able to classify the different methods of additive manufacturing • recognize the technical challenges in additive manufacturing and investment casting • recognize the special features of additive manufacturing in terms of microstructure and component properties • penetrate the solidification processes in additive manufacturing • learn to work together with others in a goal-oriented mann in practical group work
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 minutes)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46211	**Metallische Werkstoffe: Grundlagen und Technologien** Metallic Materials: Fundamentals and Technologies	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial Metallic Materials 1 (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Lecture Metallic Materials: Principles (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Tutorial Metallic Materials 2 (2 SWS) Vorlesung: Lecture Metallic Materials: Technologies & Application (2 SWS, SoSe 2024)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Matthias Markl Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner Dr.-Ing. Christopher Zenk	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Grundlagen der Phasen- und Gefügeumwandlung • Zusammenhang zwischen Prozess und Gefügeausbildung • Einführung in die Simulation von Thermodynamik, Kinetik und Formfüllung, ergänzt durch eigene Programmierarbeiten • Einführung in wichtige Verfahrenstechnologien (Gießen, Umformen, Pulvermetallurgie und Fügen) • Vorstellung der Werkstoffgruppen Titan-, Nickelbasis- und Kupferlegierungen, intermetallische Phasen, Formgedächtnislegierungen, Lager- und Kontaktwerkstoffe (Erzeugung, Verarbeitung, wichtige Legierungen, Anwendung und neue Entwicklungen); bei Vorgängen von besonderer praktischer Bedeutung Verknüpfung mit den metallphysikalischen Grundlagen. • Werkstoffeigenschaften und -prüfung **English** • Fundamentals of phase and microstructure transformation • Relationship between process and microstructure formation • Introduction to simulation of thermodynamics, kinetics and mold filling, supplemented by own programming work • Introduction to important process technologies (casting, forming, powder metallurgy and joining) • Presentation of the material groups titanium, nickel-based and copper alloys, intermetallic phases, shape memory alloys, bearing and contact materials (production, processing, important alloys, application and new developments); for processes of particular practical importance, linking with the fundamentals of metal physics. • Material properties and testing
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • erwerben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethoden

		• können wesentliche Entwicklungsfelder metallischer Werkstoffe einordnen • erwerben ein tiefes Grundlagenverständnis und können Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen klassifizieren • lernen wesentliche Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse kennen und können diese differenzieren • erhalten einen tiefgehenden Einblick in alle relevanten Legierungsgruppen und metallische Werkstoffsysteme und sind in der Lage, vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen eine Werkstoffauswahl zu treffen • lernen wesentliche Methoden der Werkstoffcharakterisierung bzw. -prüfung kennen und sind fähig, geeignete Prüfverfahren auszuwählen und die Qualität von Messergebnissen zu hinterfragen • kennen verschiedenen Simulationstools und können die Einsatzmöglichkeiten von Prozess- und Werkstoffsimulation beurteilen • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Herstellung und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Werkstoffe zu beurteilen **English** Students will: • acquire an understanding of industry-relevant working methods • can classify essential development fields of metallic materials • acquire a deep basic understanding and can classify structure-property relationships on all size scales • get to know essential manufacturing and processing procedures and can differentiate between them • gain an in-depth insight into all relevant alloy groups and metallic material systems and are able to make a material selection against the background of application profiles • get to know essential methods of material characterization and testing and are able to select suitable test methods and to question the quality of measurement results • are familiar with various simulation tools and are able to assess the possible applications of process and material simulation • are able to assess relationships between manufacturing and microstructure or properties of metallic materials
7	**Prerequisites**	Vorlesung Werkstoffkunde und Technologie der Metalle aus dem 5. Semester B.Sc **English** Lecture Materials Science and Technology of Metals from 5th semester B.Sc

8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (30 min.) oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	van Vlack: Materials Science for Engineers Dieter: Mechanical Metallurgy Kurz/Fisher: Fundamentals of Solidification

1	**Module name** 46214	**Metallische Werkstoffe im Automobilbau** Metallic Materials in Automotive Engineering	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Lecture High Pressure Die Casting (1 SWS) Vorlesung: Lecture Metallic Materials in Automobil Engineering (2 SWS) Praktikum: Lab Course High Pressure Die Casting (2 SWS)	0,5 ECTS 2,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer Dr. Johannes Staeves	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Herausforderungen für die Automobilindustrie • Fahrzeugentstehungsprozess • Anforderungen, Werkstoffe und besondere Lösungen für Karrosserie, Fahrwerk und Motoren • Strategie der Werkstoffauswahl • Druckgießen als typisches Fertigungsverfahren (Druckgussmaschine, Druckgusslegierungen, Herausforderungen) • praktische Arbeiten zum Thema Druckgießen • Simulation der Formfüllung **English** • Challenges for the automotive industry • Vehicle development process • Requirements, materials and special solutions for body, chassis and engines • Material selection strategy • Die casting as a typical manufacturing process (die casting machine, die casting alloys, challenges) • practical work on die casting • simulation of mold filling
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • erwerben ein Verständnis für relevante Arbeitsmethoden der Automobilindustrie • können die Auswahl geeigneter Werkstoffe für bestimmte Anwendungen erklären • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess bzw. Prozessparameter und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Gussteile zu beurteilen. • können die Ergebnisse von numerischen Simulationen bewerten. • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** Students will:

		• acquire an understanding of relevant working methods in the automotive industry • are able to explain the selection of suitable materials for specific applications • are able to evaluate relationships between process or process parameters and microstructure or properties of metallic castings. • are able to evaluate the results of numerical simulations. • learn to cooperate with others in a goal-oriented manner in practical group work.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung; Klausur (45 Min.) written exam (45 min).
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46212	**Metallische Werkstoffe: Neue Prozesse, Technologien und Werkstoffe** Metallic Materials: New Processes, Technologies and Materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Lecture Metallic Materials: Technology 2 (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung mit Übung: Lecture Metallic Materials: Technology 1 (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Stefan Rosiwal Dr.-Ing. Christopher Zenk Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Beziehung zwischen Prozess und Mikrostrukturbildung • Überblick über die Grundlagen der Stähle und Vorstellung neuer hochfester Stahlsorten und des Stahlleichtbaus • Einführung in spezielle Verfahrenstechniken • Darstellung der Werkstoffgruppen Refraktärmetalle, metallische Gläser, Verbundwerkstoffe, zellulare Werkstoffe (Herstellung, Verarbeitung, wichtige Legierungen, Anwendung und Neuentwicklungen); bei Verfahren von besonderer praktischer Bedeutung Verknüpfung mit den Grundlagen der Metallphysik. **English** • Relationship between process and microstructure formation • Overview of the fundamentals of steels and presentation of new high-strength steel grades and lightweight steel construction • Introduction to special process technologies • Presentation of the material groups refractory metals, metallic glasses, composites, cellular materials (production, processing, important alloys, application and new developments); for processes of particular practical importance, link with the fundamentals of metal physics.
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden:** • erwerben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethoden. • können Entwicklungsfelder spezieller metallischer Werkstoffe einordnen. • erwerben ein tiefes Grundlagenverständnis und können Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen klassifizieren. • lernen spezielle Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse kennen und können diese differenzieren. • erhalten einen tiefgehenden Einblick in spezielle metallische Werkstoffsysteme und sind in der Lage, vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen eine Werkstoffauswahl zu treffen.

		• sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Herstellung und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Werkstoffe zu beurteilen. **English** Students will: • acquire an understanding of industry-relevant working methods. • can classify development fields of special metallic materials. • acquire a deep understanding of fundamentals and can classify structure-property relationships on all size scales. • get to know special manufacturing and processing procedures and can differentiate between them. • gain an in-depth insight into special metallic material systems and are able to make a material selection against the background of application profiles. • are able to assess relationships between manufacturing and microstructure or properties of metallic materials.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 min.) oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46216	**Pulvermetallurgie** Powder Metallurgy	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Pulverherstellung • Pulvercharakterisierung • Pressen und Sintern • spezielle Sintermethoden und alternative Konsolidierungsmethoden (Additive Fertigung, PM-Spritzguss) • Anwendungen (Hartmetalle und Beschichtungen) • praktische Arbeiten zum Thema Pulvermetallurgie und Schäumen von Metallen **English** • Powder production • Powder characterization • pressing and sintering • Special sintering methods and alternative consolidation methods (additive manufacturing, PM injection molding) • applications (hard metals and coatings) • practical work on powder metallurgy and foaming of metals
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden**: • erwerben ein Verständnis für industrielle Arbeitsmethoden. • können die unterschiedlichen Prozessschritte der Pulvermetallurgie einordnen. • durchdringen den Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Eigenschaften von gesinterten Bauteilen. • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** Students will: • acquire an understanding of industrial working methods. • can classify the different process steps of powder metallurgy. • understand the relationship between process parameters and the properties of sintered components. • learn to cooperate with others in a goal-oriented manner in practical group work.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung nach Bestehen des Praktikums (45 Min.) written exam after passing the internship (45 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46215	**Oberflächentechnologie** Surface Technology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Lecture Coating Technology (2 SWS) Praktikum: Lab Course Surface Technology (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Stefan Rosiwal Peter Randelzhofer	

4	**Module coordinator**	Stefan Rosiwal
5	**Contents**	• Grundlegende Verfahren der Oberflächentechnologie • Vertiefung CVD-Beschichtung und spezielle Anwendungen am Beispiel von CVD-Beschichtungen • praktische Arbeiten zum Thema CVD-Beschichtung, Tribologie und Oberflächenhärten • experimentelle Methoden der Wärmebehandlung und der Vakuumtechnik **English** • Basic processes of surface technology • Advanced CVD coating and special applications using the example of CVD coatings • practical work on the subject of CVD coating, tribology and surface hardening • experimental methods of heat treatment and vacuum technology
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • können die Methoden der Oberflächentechnik gezielt einsetzen • entwickeln ein tiefes Verständnis für CVD-Prozesse • können die experimentellen Methoden der Wärmebehandlung und der CVD-Beschichtungstechnik beurteilen • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess und Mikrostruktur bzw. Festigkeit von Oberflächen gehärteten Stählen zu beurteilen • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** The students: • are able to apply the methods of surface engineering in a targeted manner • develop a deep understanding of CVD processes • are able to evaluate experimental methods of heat treatment and CVD coating technology • are able to assess relationships between process and microstructure or strength of surface hardened steels • learn to cooperate with others in practical group work in a goal-oriented manner.
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

Glass and Ceramics

1	**Module name** 46221	**Keramische Werkstoffe: Grundlagen und Technologien** Ceramic materials: Foundations and technologies	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Sintering and advanced densification methods (0 SWS, SoSe 2024) Vorlesung mit Übung: Physical and chemical properties of glass and ceramics II: Non-equilibrium systems (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Mechanoceramic (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Physical and chemical properties of glass and ceramics I: Equilibrium systems (2 SWS, WiSe 2023)	3 ECTS 3 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Grant Webber Prof. Dr. Dominique Ligny Tobias Fey	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Physikalisch-chemische Grundlagen von Glas und Keramik I: Equilibrium systems | • Atomic bonds • Common crystal structures • Volume, thermal expansion and compressibility • Heat capacity and entropy • Solutions • Phase diagrams • Homogeneous systems • Heterogeneous systems • Phase transition |Mechanokeramik| • Keramik als Konstruktionswerkstoff • Festigkeit (bruchmechanische Grundlagen, Berechnungskonzeptionen) • Konstruieren (Grundlagen, keramische Bauteile, lösbare Verbindungen) • Bearbeiten (abrasive und nichtabrasive Verfahren) • Verbindungstechnik (form-, kraft- und stoffschlüssige Verbindungen) • Bauteilprüfung (proof test, zerstörungsfreie Prüfverfahren) • Werkstoffe und Anwendungen • Oxidkeramiken (Al2O3, ZrO2, Al2TiO5, Al6Si2O13, Mg2Al4Si5O18) • Nichtoxidkeramiken (C, B4C, SiC, Si3N4, AlN) • Faserverbundkeramik |Physikalisch-chemische Grundlagen von Glas und Keramik II: Non-equilibrium systems| • Time related properties:

- Thermal conductivity, Thermal shock and thermal fatigue, Viscosity, Relaxation, Superplasticity
- Glass transition and their characteristic properties
- Chemical behavior at high temperatures:
- Oxidation, corrosion, devitrification
- Design of glass ceramics:
- Theory of nucleation and growth, Morhology, Applications

|Sintering and advanced densification methods|

- Hochtemperaturprozesse bei polykristallinischer Keramiken (Grundlagen des Sinterns, Diffusionsmechanismen, Defekte)
- Mikrostrukturkontrolle (Sinterparameter, Zusammensetzungseffekte)
- Einfluss der Gefüge auf die physikalischen Eigenschaften

English

|Physico-chemical fundamentals of glass and ceramics I: Equilibrium systems |

- Atomic bonds
- Common crystal structures
- Volume, thermal expansion and compressibility
- Heat capacity and entropy
- Solutions
- Phase diagrams
- Homogeneous systems
- Heterogeneous systems
- Phase transition

|Mechanoceramics|

- Ceramics as a structural material
- Strength (fracture mechanics basics, calculation concepts)
- Design (basics, ceramic components, detachable connections)
- Machining (abrasive and non-abrasive processes)
- Joining technology (form-fit, force-fit and material-fit joints)
- Component testing (proof test, non-destructive testing methods)
- Materials and applications
- Oxide ceramics (Al2O3, ZrO2, Al2TiO5, Al6Si2O13, Mg2Al4Si5O18)
- Non-oxide ceramics (C, B4C, SiC, Si3N4, AlN)
- Fiber composite ceramics

|Physico-chemical fundamentals of glass and ceramics II: Non-equilibrium systems|

- Time related properties:
- Thermal conductivity, Thermal shock and thermal fatigue, Viscosity, Relaxation, Superplasticity
- Glass transition and their characteristic properties
- Chemical behavior at high temperatures:
- Oxidation, corrosion, devitrification
- Design of glass ceramics:
- Theory of nucleation and growth, Morphology, Applications

|Sintering and advanced densification methods|

		• High temperature processes in polycrystalline ceramics (basics of sintering, diffusion mechanisms, defects) • Microstructure control (sintering parameters, composition effects) • Influence of microstructure on physical properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erlernen des strukturellen Aufbaus von Gläsern und Keramiken und der damit verbundenen Grundeigenschaften sowie der Einteilung nichtmetallisch-anorganischer Werkstoffklassen • vertiefen die wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse auf dem Gebiet der mechanischen Eigenschaften von Gläsern und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld. • verstehen die Thermodynamik und die Zustandsdiagramme dieser Werkstoffklassen • können die Eigenschaften nichtmetallisch-anorganischer Werkstoffe im Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung, Aufbereitung, Struktur und Gefüge bewerten • können selbständig über Werkstoffauswahl vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen entscheiden *English* The students • learn the structural composition of glasses and ceramics and the basic properties associated with them, as well as the classification of non-metallic-inorganic material classes • deepen the scientific and practical knowledge in the field of mechanical properties of glasses and ceramics for activities in institutional and industrial environments. • understand the thermodynamics and the state diagrams of these classes of materials • can evaluate the properties of non-metallic inorganic materials in relation to chemical composition, preparation, structure and microstructure • can independently decide on material selection against the background of application profiles
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (30 Min.) currently taking an oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester

13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46222	**Keramische Werkstoffe: Prozessierung und Eigenschaften** Ceramic materials: Processing and properties	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Processing of Ceramics (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Functional and Optical Properties of Glass and Ceramics (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Tobias Fey Dr. Maria Rita Cicconi Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny

5	**Contents**	|Processing of Ceramics|
		•
		  ° Halbleiter und Leiter (Defektstrukturen, Dotierung)
		  ° Anwendungsbeispiele
		  ° advanced experiments on the production and characterization of ceramics |Functional and Optical Properties of Glass and Ceramics | Semiconductors and conductors (defect structures, doping) application examples

6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden
		•
		  ° haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Glas und Keramik: optische, elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften
		  ° erlernen die Prozesse zur Herstellung von Gläsern und Keramiken sowie die Methoden zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften
		  ° deepen the practical knowledge in the field of production of ceramic materials have a deeper understanding of the following properties of glass and ceramics: optical, electrical, thermal and mechanical properties learn the processes for the production of glasses and ceramics as well as the methods for determining important properties, explain the relationships between composition, microstructure, properties

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46223	**Funktionskeramiken I** Functional ceramics I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics I: electrical properties (2 SWS) Vorlesung: Functional ceramics: I (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Grant Webber	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Funktionskeramik | Dieser Kurs bietet eine Einführung in die Funktionskeramik, einschließlich Abschnitten über dielektrische, piezoelektrische, ferroelektrische und ferroelastische Eigenschaften der Elektrokeramik. Die Konzepte werden mit makroskopischen Materialeigenschaften dargestellt und in Verbindung mit den mikrostrukturellen Ursprüngen diskutiert. |Übung für Funktionskeramik I: Elektrische Eigenschaften | In diesem Laborkurs werden die Teilnehmer in die Messung dielektrischer Eigenschaften mit einem LCR-Meter und einem Impedanzspektrometer eingeführt. Es wird ein Equivalent-Circuit aufgebaut, um die Fähigkeit der Impedanzspektroskopie zu demonstrieren, verschiedene zeitabhängige Prozesse z.B. am Kristallgitter und an der Korngrenze zu trennen. *English* |Functional Ceramics I | This course provides an introduction to functional ceramics, including sections on dielectric, piezoelectric, ferroelectric, and ferroelastic properties of electroceramics. Concepts are presented with macroscopic material properties and discussed in conjunction with microstructural origins. |Exercise for Functional Ceramics I: Electrical Properties | In this laboratory course, students will be introduced to the measurement of dielectric properties using an LCR meter and an impedance spectrometer. An equivalent circuit will be set up to demonstrate the ability of impedance spectroscopy to separate different time-dependent processes, e.g., at the crystal lattice and at the grain boundary.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen den Aufbau, die Herstellung, die Eigenschaften von Funktionskeramiken • können diese carakterisieren • kennen deren Anwendung für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt . • haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische und mechanische Eigenschaften • haben vertiefte Kenntnisse in den Prozessen zur Herstellung von Keramiken sowie der Methoden zur Bestimmung wichtiger

		Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften *English* The students • know the structure, the production, the properties of functional ceramics • can characterize them • know their application for activities in the institutional and industrial environment with this material focus . • have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical and mechanical properties
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (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**	

1	**Module name** 46224	**Funktionskeramiken II** Functional ceramics 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**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	**Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques** This course will cover basic crystallography, advanced diffraction techniques (e.g., x-ray, neutron and electron) including instrumentation, strategies to collect diffraction data (ex situ and in situ) and different data analysis methods. The course has been designed in such a way that, in addition to the development of theoretical background, students can have hands-on experience with different data analysis methods and software. At the initial stage we will cover basics of crystallography and principle of diffraction technique. An in-depth discussion on different (e.g., x-ray, 2D x-ray, neutron and electron) diffraction techniques and their use in the field of materials science and engineering will then be presented. In the next step we will discuss ferroelectric/ferroelastic materials and how diffraction technique can be used to investigate microscopic origin of macroscopic functional properties. **Exercises for functional ceramics II: Structural Analysis** Students will learn how to extract various structural parameters using different data analysis (e.g. Selected peak-fitting, Le Bail fitting and Rietveld structural refinement) techniques and how these structural parameters can be correlated with different macroscopic properties. A brief overview of the recent developments and future scopes in the field of structural analysis (e.g., 3D- XRD, diffuse scattering) using diffraction technique will be highlighted to conclude the course
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • know the necessary scientific and practical knowledge for the microstructural characterization of ceramics using diffraction methods. • have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical, thermal and mechanical properties • understand the influences of structure and microstructure on electromechanical properties • know and understand how diffraction techniques work and what basic models are available for analysis • can use the appropriate software.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	Unregelmäßig
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** 46225	**Funktionskeramiken III** Functional ceramics III	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics III: mechanical properties (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Mechanical Properties and Fracture of Ceramics (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Grant Webber	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Mechanical Properties and Fracture of Ceramics | • ° Das Laborpraktikum vermittelt praktische Erfahrungen in der makroskopischen mechanischen Charakterisierung von keramischen Werkstoffen, wobei speziell linear elastische und ferroelastische Werkstoffe untersucht werden. *English* |Mechanical Properties and Fracture of Ceramics | This course will introduce participants to the origins of the mechanical behavior of ceramic materials through discussions of atomic structure and microstructure. Here, participants will be introduced to linear elastic fracture mechanics and some concepts related to nonlinear fracture mechanics. Then, various toughness mechanisms will be presented and discussed, including phase transforamtion, ferroelasticity, and crack bridging. In the final section of the lecture, fractographic techniques for the analysis of fracture surfaces as well as subcritical crack growth will be presented. |Exercise for Functional Ceramics III: Mechanical Properties | This laboratory practical course provides hands-on experience in the macroscopic mechanical characterization of ceramic materials, specifically studying linear elastic and ferroelastic materials.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • lernen die Ursprünge der mechanischen Eigenschaften von Keramiken kennen • verstehen, wie sich keramische Werkstoffe nichtlinear, hysteretisch oder plastisch verformen können und wie dies das Bruchverhalten beeinflussen kann • erlernen der Grundlagen der linear-elastischen Bruchmechanik, insbesondere der Hintergründe der Energiefreisetzungsrate und des Spannungsintensitätsfaktors • verstehen Bruchflächen zur Analyse der Bruchentstehung genutzt werden können • verstehen, woe Risse unterkritisch wachsen können und können diese charakterisieren *English*

		The students • learn the origins of the mechanical properties of ceramics • understand how ceramic materials can deform nonlinearly, hysteretically, or plastically and how this can affect fracture behavior • learn the fundamentals of linear elastic fracture mechanics, especially the background of the energy release rate and stress intensity factor • understand fracture surfaces can be used to analyze fracture initiation • understand where cracks can grow subcritically and be able to characterize them
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (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** 46228	**Glas I** Glass I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Vibrational spectroscopies, from theory to practice (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Optical properties of glasses (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dominique Ligny	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	|Optical properties of glasses| • Fundamental concepts: The electromagnetic spectrum and units, Absorption, Luminescence, Scattering • Optical transparency of solids: Optical magnitudes and the dielectric constant, The Lorentz Oscillator, Metals, Semiconductors and insulators, Excitons, Reflection and polarization • Optical glasses: Optical aberration and solutions, Dispersion properties and composition • Colors in glasses: The eye, Optically Active Centers, Transition metals in glasses, Metallic and Chalcogenide nanoparticles • Chromism: Thermochromism, Photochromism, Gasochromism, Electrochromism • IR glasses: Chalcogenide, Fluorite glasses • Optical Fibers: Principle, Manufacturing, Applications, Photonic fibers |Vibrational spectroscopies, from theory to practice | • Nature of vibrations inside matter • Interaction light matter • Instrumentation • Raman application • Infrared Spectroscopy • Advanced technics
6	**Learning objectives and skills**	|Spectroscopy techniques applied to amorphous materials | The students will • Understand the solid state physic background link to the optical properties of all type of materials • Be able to explain the different ways to create colors • Choose the appropriate glass compositions to realize optical device in the infrared region • Have an overview of the different technologies link to light management • Know the different parameters that define an Optical glass fiber and choose them in regard of the attended application |Vibrational spectroscopies, from theory to practice| The student will • Understand in a comprehensive way the solid state physic background link to these spectroscopies

		• Know the different parts of a spectrometer and their characteristic parameter • Exercise himself to set the parameters of an observation and run the measurements • Treat the data by applying the needed corrections • Evaluate the data using peak fitting, momentum calculations and Principal Component Analysis • Deduce information on the structure of common glasses
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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** 46229	**Glas II** Glass II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	Glass formulation using project management: Intensive exercise of 6 half days at the end of the semester. The teaching follows an "on time approach. After presentation of the case study, an introduction to the project management is given. Analytical tools are given to the students than can use them directly on the case study. The project is then defined through brainstorming followed by Solution analysis and quotation. The rules for scheduling, monitoring and controlling a project are introduced before the case study is started to be solved. An emphasis is given on reporting by quick presentation at the end of each half day by the project team. In conclusion a last time is taken to analyze the personal issues encounter during these six half days. That help the students to have a pragmatic thinking about what could have been a better project team and the need of a leader. Glass and Ceramic for Energy-technology: • Materials and energy • Solar Energy • Solar Thermal • Photovoltaic Energy • Insulation • Wind Energy • Nuclear waste glass storage • Energy in glass processing • Fuel Cell and Ion conductivity • Lighting LED and LASER REE technology
6	**Learning objectives and skills**	Glass formulation using project management The student will • Learn the different concept used in project management as well as its specific vocabulary • Practice the project management in a small team • Use the different tools of project management • Go from an application to the conception of a product Glass and Ceramic for Energy-technology The student will • Understand the global environmental issues related to the use of glasses for: • Nonrenewable energy sources • Renewable energy sources • Energy efficiency • Energy storage • Know the improvement needed in the future

		• Look for solution by linking the expected performance to the glass properties • Be able to choose the good glass composition, production and shaping processes
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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** 46226	**Porous and cellular Ceramics I** Porous and cellular ceramics I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Thermal and mechanical characterisation (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Microstructural characterization (2 SWS)	2,5 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Tobias Fey	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey
5	**Contents**	|Microstructural characterization | • Strukturelle Charakterisierung poröser und zellularer Keramiken durch den Einsatz gängiger Methoden wie He-Pyk, Hg-Porosimetrie, µCT, SEM, Permeabilität • Einsatz von Bildanalyse und Simulationen zur Strukturparameterberechnung wie Zellgröße, Stegbreite, Anisotropie, Interkonnektivität und Tortuosität • Strukturelle Besonderheiten poröser Werkstoffe |Thermal and mechanical characterisation | • Bestimmung thermischer / mechanischer Eigenschaften an porösen und zellularen Werkstoffen • Bestimmung des Einflusses der Porosität, Porenform und Porenform auf die physikalischen Eigenschaften *English* |Microstructural characterization| • Structural characterization of porous and cellular ceramics by using common methods such as He-Pyk, Hg-porosimetry, µCT, SEM, permeability • Use of image analysis and simulations to calculate structural parameters such as cell size, web width, anisotropy, interconnectivity and tortuosity • Structural features of porous materials |Thermal and mechanical characterization| • Determination of thermal / mechanical properties of porous and cellular materials • Determination of the influence of porosity, pore shape and pore form on physical properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • Erlernen die Auswahl von Charakterisierungsmethoden und deren Einsatz sowie Grenzen der Anwendbarkeit der Untersuchungsmethoden und Algorithmen • Entscheiden die Auswahl der Charakterisierungsmethodik vor dem Hintergrund der Einsatzgrenzen • Vermittlen der notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur Charakterisierung von porösen und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt.

		• Vertiefen das Verständnis über die Mikrostruktur poröser und zellularer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die physikalischen Eigenschaften *English* Students will • Learn the selection of characterization methods and their use as well as limits of applicability of the investigation methods and algorithms • Decide the choice of characterization methodology in the light of the limits of application • Provide the necessary scientific and practical knowledge to characterize porous and ceramics for activities in institutional and industrial settings with this material focus. • Deepen understanding of the microstructure of porous and cellular ceramic materials and its effect on physical properties.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232 mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
10	**Method of examination**	Oral
11	**Grading procedure**	Oral (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**	

1	**Module name** 46227	**Porous and cellular Ceramics II** Porous and cellular ceramics II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey
5	**Contents**	**Porous and cellular Ceramics for engineers** • Architecture and structure of porous and cellular ceramics over different length scales • manufacturing processes of porous and cellular ceramics from conventional to additive processes • physical properties depending on the porosity, pore shape and pore type • areas of applications of porous and cellular structures in particular a) light weight constructions b) catalysis c) energy and d) scaffolds **Porous and cellular applications** • Practical production of ceramic porous scaffolds using different methods discussed in the lecture • Variation of the manufacturing parameters to modify the microstructure and pore shape and type for the respective application (open / closed cell) • Implementation of application-oriented studies
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • learn the necessary scientific basics for the structure and composition as well as the production and application of porous and cellular ceramics • intensify your knowledge of the production of porous and cellular ceramic materials and their effect on structural and physical properties • learn how to select materials and processes against the background of application profiles using examples • deepen the scientific basics in application-oriented studies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)

11	**Grading procedure**	Oral (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**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46233	**Seminar modul** Seminar module	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Seminar: Neuer Master: WS/SS-Industry report seminar: wird ersetzt durch Hauptseminar M12 (1 SWS) Übung: Neuer Master: WS-Literature seminar : wird ersetzt durch Hauptseminar M12 (2 SWS) Seminar: Bachelorvorträge für BA Arbeiten bei Glas und Keramik (2 SWS, WiSe 2023) Seminar: Main Seminar (Hauptseminar) M12 (2 SWS)	- - 0,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Grant Webber Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny PD Dr. Stephan Wolf	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Grant Webber PD Dr. Stephan Wolf
5	**Contents**	**Science Seminar with reports on scientific projects** • ° Vortragende aus der Industrie berichten aktuelle wissenschaftliche Themen und Projekte Literature seminar Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Papers in Form eines Vortrages und eines Posters Science Seminar with reports on scientific projects • Summary of a scientific project that comes from the current research environment • Industry report seminar • Lecturers from industry report on current scientific topics and projects Literature seminar Summary of a scientific paper in the form of a lecture and a poster
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden** • vertiefen Ihre Kenntnisse über Präsentationstechniken • erlernen die Recherche von Literatur durch den Einsatz von Datenbanken • verstehen den inhaltlichen Aufbau von wissenschaftlichen Vorträgen und Berichten und können dies umsetzten • erlernen die Erstellung von wissenschaftlichen Postern und Berichten **The students** • deepen your knowledge of presentation techniques • learn how to research literature using databases • understand the structure of the content of scientific lectures and reports and can implement this

		• learn how to create scientific posters and reports
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Achievement credit Leistungsschein Performance certificate
11	**Grading procedure**	Achievement credit (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 105 h Independent study: 45 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

Surface Science and Corrosion

1	**Module name** 46236	**Grundlagen der Elektrochemie - Vertiefung** Fundamentals of electrochemistry - Advanced	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	Der Elektrochemie kommt große Bedeutung sowohl im wissenschaftlichen als auch technologischen Kontext zu. Heutige Forschungsarbeiten konzentrieren sich hauptsächlich (aber nicht ausschließlich) auf die Themengebiete Nanotechnologie und Anwendungen der Energietechnik wie Brennstoffzellen, Batteriesysteme und Solarzellen. Prinzipiell widmet sich die Elektrochemie dem Zusammenspiel von Elektrizität und chemischen Reaktionensabläufen in der Art, dass freie chemische Energie, die mit einer Reaktion einhergeht, in elektrische Energie konvertiert wird (z.B. Brennstoffzellen) oder aber elektrische Energie Verwendung findet um beispielsweise stabile Verbindungen zu zersetzen (z.B. Chlorgaserzeugung). Die Lehrveranstaltung leitet die Studierenden an, die Grundlagen der Elektrochemie zu verstehen und erläutert grundlegende Methoden und Arbeitsweisen um elektrochemische Reaktionen und darauf basierende Anwendungen zu verstehen. ---------- Electrochemistry plays an important role in scientific and technological fields. Nowadays, the research areas are focused, but not limited, on nanotechnology and energy devices, i.e. fuel cells, battery systems and solar cells. In principle, the electrochemistry involves the study of relationship between electricity and chemical reactions, such that chemical free energy associated with a reaction is converted into electrical energy (e.g. fuel cells) or conversely, electricity is used to decompose stable chemical systems (e.g. production of chlorine). The lecture program provides an opportunity for students to understand the basics of electrochemistry and provide the fundamental tools for understanding electrochemical-reactions and electrochemical-devices.
6	**Learning objectives and skills**	Basics Electrochemistry Die Studierenden • definieren und wenden rechnerisch thermodynamischer Grundbegriffe und Modelle an (Enthalpie, Entropie, Gibbs-Energie, chemische Gleichgewichte). • vergleichen verschiedene Elektrolyte (Wässrige Lösungen, Organische Lösungen, Festphasenelektrolyte. Vergleichen verschiedener Elektrodenarten und deren Elektrodenpotential. • wenden die Nernst-Gleichung an. • definieren elektrochemische Systeme (Elektrolysezellen, Galvanische Zellen). • erläutern Elektroden/Elektrolyt-Grenzflächen (elektrochemische Doppelschicht).

		• verstehen die Zusammenhänge von Reaktionsraten und Stromstärke und können diese diskutieren. • bewerten die Kinetik von Elektrodenreaktionen (stofftransportkontrolliert, ladungsdurchtrittskontrolliert, reaktionskontrolliert) • leiten die Butler-Volmer-Gleichung her. • beschreiben die theoretischen Grundlagen instrumenteller Techniken und technologischer Anwendungen (Brennstoffzellen, Batteriesysteme, elektrochemische Bauteile und Anwendungen). ---------- **The students** • learn the defining and operating with fundamental thermodynamic concepts and models (enthalpy, entropy, free energy, chemical equilibrium) • learn how to the comparing of Electrolytes (aqueous solutions, organic solutions, solid phase electrolytes. Comparing different types of electrodes and their electrode potential • learn to apply the Nernst equation • define electrochemical systems (electrolytic cells and galvanic cells) • Elecidating Electrode-solution interfaces (electric double layer) • Discussing the relationship between electrochemical reaction rate and current • Assessing electrode kinetics (mass transport control, charge transfer control, reaction control) • Deriving the Butler-Volmer equation. Describing the theoretical background of instrumental techniques and technologies (fuel cells, battery systems, electrochemical devices). • describe the theoretical basics of instrumental techniques and technological applications (fuel cells, battery systems, electrochemical components and applications).
7	**Prerequisites**	Belegung der Module M1, M6 oder M8. Immatrikulation im MA-Studium. Assignment of the modules M1, M6 or M8. Enrollment in the MA course.
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination Klausur (45 Min.) ---------- written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Written examination (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**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung vorgestellt.

1	**Module name** 46235	**Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse** Laboratory course: Corrosion and surface analysis	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	**Contents**	Im Ergänzungsmodul Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse werden unter Anleitung von Betreuern im Rahmen eines Praktikums Versuche aus den Bereichen Korrosion und Oberflächentechnik abgehandelt. Das Modul besteht aus 4 einzelnen Versuchen. Die Studierenden erlernen im Zuge dieser Lehrveranstaltung neben dem selbstständigen Durchführen elektrochemischer Messungen, dem Anodisieren sowie der Charakterisierung der Hochtemperaturoxidationsbeständigkeit von Metallen und Legierungen, die Anwendung verschiedener Verfahren der Oberflächenanalyse. Neben diesen genannten methodischen Lernzielen wird fachliches Wissen über eine Auswahl besonders wichtiger Werkstoffe im Kontext der Korrosion und Oberflächentechnik vermittelt, wobei die Studierenden lernen Messergebnisse zu evaluieren und qualitative sowie quantitative Urteile über das Werkstoffverhalten zu fällen. **English version** Within the practical lab course students absolve experiments belonging to the field of Surface Science & Electrochemistry & Corrosion guided by experienced supervisors. The practical course is subdivided in 4 single experiments. The students learn the practical knowledge about conducting electrochemical measurements, anodization, and characterizing the high-temperature oxidation behavior of metals and alloys. Therefore a variety of surface-sensitive characterization techniques are introduced. Beside the latter methodical issues, furthermore expertise knowledge for a selection of especially important materials that are typically important in the context of corrosion and surface science is taught along the way. The students learn to evaluate measurement data and to interpret qualitative- and quantitatively the measured material behavior.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • bewerten den Einfluss von Legierungselementen und Beschichtungen auf das Degradationsverhalten von Implantatwerkstoffen (Magnesium), Implantatwerkstoffe • kennen und verstehen die Herausforderungen im Legierungsdesign, • bewerten den Einfluss verschiedener Oberflächenvorbehandlungen sowie Oxidationsparameter auf die Ausbildung schützender Oxidschichten im Zuge der Hochtemperaturoxidation,

		• verstehen die Vorrausetzungen und Mechanismen die der Ausbildung schützender Oxidschichten (Hochtemperaturoxidation) zu Grunde liegen, • erzeugen anodisierten Bauteiloberflächen, • bewertuen Tof-SIMS Daten, • wenden Rasterelektronenmikroskopie (REM) an **English version** Evaluation of the influence of alloying elements and coatings on the degradation behavior of implant materials, Implants elucidation of the challenges in alloy design, Assessment of the influence of different surface modification techniques and oxidation parameters on the formation of protective oxide scales during high temperature oxidation, Creating anodized components surfaces, Evaluation and interpretation of Tof-SIMS data, Application of Scanning Electron Microscopy (SEM)
7	**Prerequisites**	Voraussetzungen für die TeilnahmeFundierte Kenntnisse in der Elektrochemie und Hochtemperaturoxidation. Vorlesungen vom LS LKO/ WW4 im Bachelorstudium oder äquivalente Kenntnisse. Immatrikulation im MA-Studium.
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable Hausarbeit (=Praktikumsprotokolle; Leistungsnachweis) und schriftliche Prüfung nach Beendigung des Praktikums Homework (=internship protocols; proof of performance) and written examination after completion of the internship
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 70 h Independent study: 80 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung vorgestellt.

1	**Module name** 46237	**Oberflächenanalyse I** Surface analysis I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Übung Surface Analysis I (1 SWS) Vorlesung: Surface Analysis I (2 SWS) Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS)	1 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Michael Höhlinger Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	*Surface Analysis I + II (Vl+Ü)* The generation of nanostructured materials gained relevance in the recent years and efficient characterization methods were developed, permitting insight into the topographical and chemical nanostructure of materials. The scope of this course covers a range of surface analytical instruments, discussing their principle mode of operation, application and data interpretation. All discussed instruments are also available at the chair and tutorials at the machines are a part of the lecture. The fabrication of nanostructured materials from particles to complex 3 dimensional structures is the topic of the second part of this lecture. Die Strukturierung von Werkstoffoberflächen auf der Nanoskala erlangte in jüngster Vergangenheit große Bedeutung was nicht zuletzt auf der Entwicklung hocheffizienter Charakterisierungsmethoden fußt. Diese erlauben eine hochauflösende Analyse der topografischen sowie chemischen Natur der Oberfläche. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung (Teil I) werden eine Vielzahl Oberflächenanalytischer Verfahren und Instrumente erläutert und deren Funktionsprinzip und etwaige Betriebsmodi besprochen, wobei auch auf die Messdateninterpretation Wert gelegt wird. Für die am LS vorhandenen Verfahren erfolgt außerdem eine Begehung der Labore wobei die Studierenden einen konkreten Eindruck der diversen Techniken erhalten können. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung (Teil II) wird die Darstellung nanostrukturierter Werkstoffe besprochen. Hierbei wird auf Partikel bis hin zu komplexen dreidimensionalen Strukturen eine große Bandbreite der Oberflächenmodifikation abgedeckt. *Seminar Surface Science and Corrosion* Das Seminar Surface Science and Corrosion bietet die Gelegenheit Einblicke in den aktuellen Stand der Forschungsfelder des Lehrstuhls zu erlangen. Hierbei werden Fallbeispiele präsentiert und diskutiert und so ein tiefgehendes Verständnis der Messmethoden, welche in der VL Surface Analysis vermittelt werden, ermöglicht. Neben dieser inhaltlichen Komponente der Art eines Frontalunterrichtes, ist es möglich und sehr erwünscht die Thematiken zu diskutieren. Den Studierenden ist es hierbei neben dem Erwerb von Fachwissen möglich, einen ersten Eindruck vom Ablauf wissenschaftlicher Konferenzen bzw. Tagungen zu erhalten. The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course

		of the seminar results are presented and discussed what enables a profound understanding of the techniques that are taught within the lecture Surface Analysis. Besides this factual part, the students have furthermore the chance (and are supposed) to ask questions to the speakers. This is an important insight into the academic working environment that might be especially relevant for prospective PhD-students.
6	**Learning objectives and skills**	Surface Analysis I + II (Vl+Ü): **Die Studierenden** • verstehen fundamentaler Konzepte im Bereich Kristallographie • können Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung kritisch diskutieren • verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS • kennen verschiedener Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD. • verstehen das Prinzip des Sol-Gel Prozesses • kennen die Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen • kennen und verstehen Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien **The students:** • Describing of basic concepts in crystallography. • Evaluating different kinds of surface characterization techniques (pros and cons). • Elucidating the theoretical background of STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • Defining fabrication methods of nanostructures and elucidation of nanostructured CVD. • Describing the sol-gel process. • Reporting applications of nanostructured surfaces. • Elucidation of surface analytical techniques for nanomaterial characterization. **Seminar Surface Science and Corrosion** **Die Studierenden** • wenden wissenschaftlicher Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele)an • haben Erfahrung bezüglich des Ablaufs und der Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen. • besitzen Softskills als Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere **The students** • Appliance of scientific techniques in research (discussion of examples). • Generating experience in scientific community. • Participation in scientific discussions. • Acquiring of soft-skills for futural scientific careers.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Written examination (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**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	**Module name** 46238	**Oberflächenanalyse II** Surface analysis II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	***Surface Analysis I + II (VI+Ü)*** The generation of nanostructured materials gained relevance in the recent years and efficient characterization methods were developed, permitting insight into the topographical and chemical nanostructure of materials. The scope of this course covers a range of surface analytical instruments, discussing their principle mode of operation, application and data interpretation. All discussed instruments are also available at the chair and tutorials at the machines are a part of the lecture. The fabrication of nanostructured materials from particles to complex 3 dimensional structures is the topic of the second part of this lecture. Die Strukturierung von Werkstoffoberflächen auf der Nanoskala erlangte in jüngster Vergangenheit große Bedeutung was nicht zuletzt auf der Entwicklung hocheffizienter Charakterisierungsmethoden fußt. Diese erlauben eine hochauflösende Analyse der topografischen sowie chemischen Natur der Oberfläche. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung (Teil I) werden eine Vielzahl Oberflächenanalytischer Verfahren und Instrumente erläutert und deren Funktionsprinzip und etwaige Betriebsmodi besprochen, wobei auch auf die Messdateninterpretation Wert gelegt wird. Für die am LS vorhandenen Verfahren erfolgt außerdem eine Begehung der Labore wobei die Studierenden einen konkreten Eindruck der diversen Techniken erhalten können. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung (Teil II) wird die Darstellung nanostrukturierter Werkstoffe besprochen. Hierbei wird auf Partikel bis hin zu komplexen dreidimensionalen Strukturen eine große Bandbreite der Oberflächenmodifikation abgedeckt. ***Seminar Surface Science and Corrosion*** Das Seminar Surface Science and Corrosion bietet die Gelegenheit Einblicke in den aktuellen Stand der Forschungsfelder des Lehrstuhls zu erlangen. Hierbei werden Fallbeispiele präsentiert und diskutiert und so ein tiefgehendes Verständnis der Messmethoden, welche in der VL Surface Analysis vermittelt werden, ermöglicht. Neben dieser inhaltlichen Komponente der Art eines Frontalunterrichtes, ist es möglich und sehr erwünscht die Thematiken zu diskutieren. Den Studierenden ist es hierbei neben dem Erwerb von Fachwissen möglich, einen ersten Eindruck vom Ablauf wissenschaftlicher Konferenzen bzw. Tagungen zu erhalten. The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course of the seminar results are presented and discussed what enables a profound understanding of the techniques that are taught within

		the lecture Surface Analysis. Besides this factual part, the students have furthermore the chance (and are supposed) to ask questions to the speakers. This is an important insight into the academic working environment that might be especially relevant for prospective PhD-students.
6	**Learning objectives and skills**	**Surface Analysis I + II (VI+Ü):** **Die Studierenden** • beschreiben fundamentale Konzepte im Bereich Kristallographie. • diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung. • verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • kennen verschiedene Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD. • verstehen den sol-gel Prozesses und könnenihn wiedergeben. • kennen versiedene Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen. • können Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien kritisch diskutieren. **The students** • Describing of basic concepts in crystallography. • Evaluating different kinds of surface characterization techniques (pros and cons). • Elucidating the theoretical background of STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • Defining fabrication methods of nanostructures and elucidation of nanostructured CVD. • Describing the sol-gel process. • Reporting applications of nanostructured surfaces. • Elucidation of surface analytical techniques for nanomaterial characterization. **Seminar Surface Science and Corrosion** **Die Studierenden:** • wenden wissenschaftliche Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele) an. • haben Erfahrung in Bezug auf Ablauf und Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen. • erwerben Softskills (VortraDarstellung / Diskussion) zur Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere. **The students** • Appliance of scientific techniques in research (discussion of examples). Generating experience in scientific community. Participation in scientific discussions. • Acquiring of soft-skills for futural scientific careers.
7	**Prerequisites**	Belegung des Wahlmoduls 2: Oberflächenanalyse I Immatrikulation im MA-Studium

		---------- Enrollment in elective module 2: Surface Analysis I Enrollment in the MA program
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
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**	english
16	**Bibliography**	Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	**Module name** 46234	**Oberflächentechnik und Elektrochemie** Surface technology and electrochemistry	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Corrosion Science (2 SWS) Vorlesung: Basics Electrochemistry II (2 SWS) Übung: Exercise course: Berechnung von Korrosionsproblemen (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Surface Modification techniques (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Michael Strebl Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Alexander Tesler Michael Höhlinger Prof. Dr. Patrik Schmuki	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	**Contents**	*Advanced Corrosion Science* Recap of fundamental background in electrochemistry and corrosion Introduction to advanced methods in corrosion science: Electrochemical methods (Polarization curve, EIS, EC noise) Local techniques (SVET, SKP, SIET, LEIS) Non electrochemical techniques: Respirometry, mass loss, solution analysis, resitance method Surface analysis (SEM, TEM, EDX, XPS, Auger, ToF SIMS, GDOES, atom probe analysis) Discussion of current issues in corrosion science: Biodegradable metals Passive films und localized corrosion Atmospheric corrosion Corrosion in nuclear waste repositories Corrosion of advanced materials: AM, BMG, high entropy alloys und ultrafine-grained materials Drinking water corrosion, microbially induced corrosion, cathodic protection Inhibitors und smart coatings Mg und Al corrosion Corrosion Modelling, DFT (Corrosion in) Electrochemical energy storage and conversion Corrosion failure case studies and analysis: Discussion of the conditions and mechanisms that led to corrosion failure based on observations and experimental evidence and derivation of a solution to the problem. *Surface Modification Techniques* Innerhalb der Materialwissenschaften kommt der Oberflächenmodifikation entscheidende Bedeutung zu. Neben der Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit sowie der tribologischen Eigenschaften können dadurch auch gänzlich neue Eigenschaften generiert werden. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung werden diverse Methoden der Oberflächenmodifikation und Oberflächenfunktionalisierung beleuchtet. Es werden die Grundlagen

aber auch Fallbeispiele derartiger Verfahren erläutert und deren Rolle im Alltäglichen Leben ebenso wie in industriellen Anwendungen Rechnung getragen. Neben den etablierten Methoden werden auch neuartige Ansätze aus den aktuellen Forschungsgebieten des Lehrstuhls erläutert.
The tailored modification of surfaces plays an important role in material science. Besides improving e.g. the corrosion- and tribological-properties of material-surfaces by specific methods and approaches, furthermore completely new properties can be achieved. In this course common methods of surface modification and surface functionalization are elucidated. The theoretical background and examples, indicating the relevance of these methods in everyday life as well as for industrial applications, are presented. In addition to the common methods new highly promising approaches are introduced and discussed.

Berechnung von Korrosionsproblemen
Die World Corrosion Organization (WCO) schätzte 2009 die wirtschaftlichen Schäden durch Korrosion auf weltweit 1,8 Billionen US-Dollar. In Industriestaaten belaufen sich die jährlichen Kosten durch Korrosion auf bis zu 4 Prozent des Bruttoinlandsproduktes, in Deutschland also auf bis zu 104 Milliarden Euro" [Deutsches Lackinstitut]. Die hier angeführten Zahlen zeigen, dass Korrosion ein wirtschaftlich sehr bedeutendes Problem darstellt, dem große Beachtung beigemessen werden muss. Das Lernziel der Vorlesung Berechnung von Korrosionsproblemen" ist es, mittels im Bachelorstudium erworbenen Kenntnissen, Fallbeispiele typischer Korrosionsprobleme fachlich tiefgehend verstehen und beurteilen zu können. Hierfür werden zum einen häufige grundlegende praxisnahe Probleme definiert und beschrieben.
Zum anderen werden durch Abstraktion komplexe Beispiele und Anwendungen auf bekannte Grundlagen heruntergebrochen, quantitativ beschrieben und somit fassbar gemacht.
Basics Electrochemistry
Der Elektrochemie kommt große Bedeutung sowohl im wissenschaftlichen als auch technologischen Kontext zu. Heutige Forschungsarbeiten konzentrieren sich hauptsächlich (aber nicht ausschließlich) auf die Themengebiete Nanotechnologie und Anwendungen der Energietechnik wie Brennstoffzellen, Batteriesysteme und Solarzellen. Prinzipiell widmet sich die Elektrochemie dem Zusammenspiel von Elektrizität und chemischen Reaktionensabläufen in der Art, dass freie chemische Energie, die mit einer Reaktion einhergeht, in elektrische Energie konvertiert wird (z.B. Brennstoffzellen) oder aber elektrische Energie Verwendung findet um beispielsweise stabile Verbindungen zu zersetzen (z.B. Chlorgaserzeugung). Die Lehrveranstaltung leitet die Studierenden an, die Grundlagen der Elektrochemie zu verstehen und erläutert grundlegende Methoden und Arbeitsweisen um elektrochemische Reaktionen und darauf basierende Anwendungen zu verstehen.
Electrochemistry plays an important role in scientific and technological fields. Nowadays, the research areas are focused, but not limited, on

		nanotechnology and energy devices, i.e. fuel cells, battery systems and solar cells. In principle, the electrochemistry involves the study of relationship between electricity and chemical reactions, such that chemical free energy associated with a reaction is converted into electrical energy (e.g. fuel cells) or conversely, electricity is used to decompose stable chemical systems (e.g. production of chlorine). The lecture program provides an opportunity for students to understand the basics of electrochemistry and provide the fundamental tools for understanding electrochemical-reactions and electrochemical-devices.
6	**Learning objectives and skills**	***Advanced Corrosion Science*** **The students are able to:** • Identify, distinguish, and explain corrosion mechanism and different forms of corrosion. • Illustrate and explain electrochemical, local, non-electrochemical and surface analysis methods that are used in corrosion science. • Interpret results of the characterisation methods described above • Explain the different concepts of smart coatings and self-healing coatings including triggers and release mechanisms of inhibitors. • Present the details that play a role atmospheric corrosion processes like salts, relative humidity, electrolyte film thickness, time of wetness, influence of gases, wet dry cycling and corrosion product formation. • Explain different test methods for atmospheric corrosion, like lab exposure, accelerated corrosion tests and field exposure tests. • Discuss special features in the corrosion mechanisms of Mg and Al alloys (anomalous H2 evolution). • Review different mechanisms of localized corrosion and explain the significance of pit initiation and pit growth, critical pitting potential, critical pitting temperature and repassivation in localized corrosion. • Explain cathodic and anodic paint disbonding or delamination and how it can be studied using SKP. • Assess findings of scientific investigations of corrosion failure, determine corrosion mechanisms that lead to the corrosion issue and develop a concept for solving the corrosion problem. • Explain mechanisms of different types of corrosion inhibitors. • Summarize corrosion properties of advanced materials like high entropy alloys, bulk metallic glasses, additive manufactured materials or ultrafine-grained materials. • Describe corrosion related aspects of nuclear waste storage and the influence of radiation on corrosion. • Compare different types of metals in their applicability as a biodegradable metal and explain surface treatments to control the degradation behavior.

- Understand the complexity of simulated body fluids and possible discrepancy between in vitro and in vivo experiments.
- Describe mechanisms of microbially induced corrosion, dezincification.
- Explain cathodic protection strategies by sacrificial anodes and impressed current cathodic protection.

Surface Modification Techniques

Die Studierenden

- können die Grundlagen von Korrosionsmechanismen und -arten wiedergeben.
- lernen verschiedene Methoden der Oberflächenvorbehandlung kennen.
- können abschätzen, welche Oberflächenvorbehandlung für die Entfernung verschiedener Verunreinigungen eingesetzt werden können.
- können den zugrundeliegenden Mechanismus einer Konversionsbeschichtung am Beispiel der Phosphatierung und Chromatierung beschreiben.
- erklären die Mechanismen von elektrochemischer Abscheidung und elektrophoretischer Beschichtung
- erkennen den Zusammenhang verschiedener Schritte und Parameter der Oberflächenvorbereitung auf die finale Oberflächenqualität einer Beschichtung.
- lernen die Bestandteile und Wirkungsweise einer Reinigungslösung kennen
- Die Studierenden werden auf Besonderheiten hinsichtlich des Umweltschutzes bei der Oberflächentechnik sensibilisiert.
- Erklären die verschiedene Verfahren und Beschichtungsmechanismen von PVD und CVD Prozessen.
- Erklären von Verfahren des thermischen Spritzens und von Sol-Gel Beschichtungen
- können chemische und elektrochemische Konversionsschichten (Phosphatierung, Chromierung, Anodisierung)
- Erläutern Besonderheiten verschiedener organischer Beschichtungen (Lacke).
- Erklären selbstorganisierender Monolagen und Konzepte zur Erzeugung superhydrophober Oberflächen
- Beschreiben den Mechanismus der Ausbildung von selbstorganisierenden anodische Oxidschichten (Nanoporen und Nanoröhren).

- Illustrating the mode of action of chemical mechanical pretreatment.
- Describing plasma aided methods, Laser and electron beam methods as well as ion implantation.
- Illustrating the mode of action of chemical conversion layers (phosphatization, chromating), electrodeposition,

electrophoresis, electrochemical conversion layers (anodizing) and CVD/PVD techniques.
- Understanding the basics of organic coatings (paints and lacquers), self-assembled monolayers, self-organized anodic oxide layers (Nanopores, Nanotubes).

Berechnung von Korrosionsproblemen
Die Studierenden sind in der Lage:
- den Wirkzusammenhang von Kinetik und Potential bei Korrosionsreaktionen quantitativ zu erfassen.
- Den Unterschied und die Einflüsse auf Diffusions- und Aktivierungskontrolle zu erklären
- Korrosionsvorgänge anhand schematischer Stromdichte-Potential Kurven zu veranschaulichen
- Pourbaix-Diagramme zu erstellen zu verstehen und anzuwenden.
- die Nernst Gleichung anzuwenden und leiten sie her.
- Fragestellungen der Hochtemperaturoxidation zu bewerten.
- Möglichkeiten des Korrosionsschutzes zu beurteilen.

Quantitative elucidation of the cause-effect relationship between kinetics and potential, Construction of Pourbaix diagrams, applying nernst equation, Assessment of high-temperature oxidation behaviors of metals and alloys, Evaluation of corrosion-protection approaches

Basics Electrochemistry

Die Studierenden
- definieren und beherrschen rechnerisches Anwenden thermodynamischer Grundbegriffe und Modelle (Enthalpie, Entropie, Gibbs-Energie, chemische Gleichgewichte).
- vergleichen von Elektrolyten (Wässrige Lösungen, Organische Lösungen, Festphasenelektrolyte.
- vergleichen verschiedener Elektrodenarten und deren Elektrodenpotential.
- wenden die Nernst-Gleichung an.
- definieren elektrochemischer Systeme (Elektrolysezellen, Galvanische Zellen).
- verstehen Elektroden/Elektrolyt-Grenzflächen (elektrochemische Doppelschicht).
- können die Zusammenhanges von Reaktionsrate und Stromstärke diskutieren.
- bewerten die Kinetik von Elektrodenreaktionen (stofftrans portkontrolliert, ladungsdurchtrittskontrolliert, reaktionskontrolliert).
- können die Butler-Volmer-Gleichung herleiten.
- verstehen die theoretischen Grundlagen instrumenteller Techniken und technologischer Anwendungen (Brennstoffzellen, Batteriesysteme, elektrochemische Bauteile und Anwendungen).

The students

		• Defining and operating with fundamental thermodynamic concepts and models (enthalpy, entropy, free energy, chemical equilibrium). • Comparing of Electrolytes (aqueous solutions, organic solutions, solid phase electrolytes. • Comparing different types of electrodes and their electrode potential. Applying the Nernst equation. • Defining electrochemical systems (electrolytic cells and galvanic cells). • Elucidating Electrode-solution interfaces (electric double layer). • Discussing the relationship between electrochemical reaction rate and current. • Assessing electrode kinetics (mass transport control, charge transfer control, reaction control). • Deriving the Butler-Volmer equation. • Describing the theoretical background of instrumental techniques and technologies (fuel cells, battery systems, electrochemical devices).
7	**Prerequisites**	Immatrikulation im MA-Studium
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (30 Min.) oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltungen vorgestellt.

Polymer Materials

1	**Module name** 46244	**Anwendungen von Polymeren I** Applications of polymers I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymer- verpackungen und elastomerer Werkstoffe, • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen und Elastomeren • Einfluss des chemischen Aufbaus auf die relevanten Eigenschaften in der Anwendung • Wissensvermittlung zu dem Einfluss der Morphologie auf die relevanten Eigenschaften in der An- wendung • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen • praktische Anwendung in der Analyse von mit unterschiedlichen Parametern gefertigter Teil **English** Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer- packaging and elastomeric materials, - production and property profile of thin polymer films and elastomers - Influence of the chemical structure on the relevant properties in the application - Knowledge transfer on the influence of morphology on the relevant properties in application application - interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials - practical application in the analysis of parts manufactured with different parameters
6	**Learning objectives and skills**	• kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten von Fertigungs-/ Analyseprozessen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. **English**

		- know essential applications and development fields - identify strengths and weaknesses of different processes and material solutions - describe essential structure-property relationships - analyze and evaluate measurement data from manufacturing/analysis processes - classify their own results.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 0 h Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46245	**Anwendungen von Polymeren II** Applications of polymers II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Basics of six-Sigma - Tool to improved processes in Industry (1 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Polymer Materials for Medical Applications (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Polymers - Aplications II (1 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymeren in der Medizintechnik, • Einfluss des chemischen Aufbaus auf die relevanten Eigenschaften in der medizinischen Anwendung • Wissensvermittlung zu dem Einfluss der Morphologie auf die relevanten Eigenschaften in der medizinischen Anwendung Prozesse basierend auf qualifizierter Beobachtung und statistischer Analyse • Strategien zur Analyse und Verbesserung beliebiger Prozesse • Anwendung des Wissens in dem Praktikum • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymers in medical technology, • Influence of the chemical structure on the relevant properties in medical application • Knowledge transfer on the influence of morphology on the relevant properties in medical application Processes based on qualified observation and statistical analysis • Strategies for analysis and improvement of any process • application of the knowledge in the practical course • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder aus den genannten Themenfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten aus Experimentem • stufen die eigenen Ergebnisse ein.

		• haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethodiken gewonnen **English** The students • know essential applications and development fields from the mentioned topics • identify strengths and weaknesses of different processes and material solutions • describe essential structure-property relationships • analyze and evaluate measurement data from experiments • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46241	**Polymere** Polymers	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Excercises to Lecture "Processing of Polymers" (1 SWS) Vorlesung: Polymers - I (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Processing of Polymers (2 SWS) Übung: Excercises Polymer 1 (1 SWS) Praktikum: Labwork Polymer Processing (2 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 3 ECTS 1,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert Michael Redel	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymerwerkstoffen, Polymerblends und -composites • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen, Fasern und Nanofasern • Einfluss der Größenskala auf Eigenschaften • Wissensvermittlung zu den Vorgängen an Grenzflächen in polymeren Werkstoffsystemen, Kompatibilität verschiedener Polymere • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer materials, polymer blends and composites. • Fabrication and property profile of polymer thin films, fibers and nanofibers • Influence of size scale on properties • knowledge transfer on processes at interfaces in polymeric material systems, compatibility of different polymers • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik Polymere Werkstoffe" • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • sind in der Lage, Modifizierungsstrategien für Polymer-werkstoffe in Bezug auf Optimierung von Eigenschaften zu erarbeiten und durchzuführen • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeits-methodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder

		English The students • gain an in-depth insight into the topic of "polymer materials • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales) • are able to develop and implement modification strategies for polymer materials with regard to optimization of properties • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232 mündliche Prüfung (30 Min.) oral exam (30 min.)
10	**Method of examination**	Variable
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46243	**Rheologie** Rheology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Excerises on Rheology (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Rheology - Fundamentals and Measurement Technology (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Rheolology (1 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta
5	**Contents**	Rheologische Messgrößen und ihre anwendungstechnische Bedeutung • Grundlagen, Technologie, Messtechnik zur Ermittlung rheologischer Stoffeigenschaften • Verhalten in Scherung Dehnung • Beschreibungsgleichungen • Temperaturabhängigkeit der rheologischen Eigenschaften **English** Rheological measurands and their significance for application • Basics, technology, measuring technique for the determination • rheological material properties • Behavior in shear strain • Equations of description • Temperature dependence of rheological properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik der Rheologie • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • analysieren und bewerten Messdaten von rheologischen Messungen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder **English** The students • gain an in-depth insight into the subject of rheology • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales)

		• know essential applications and fields of development • identify strengths and weaknesses of different methods and material solutions • analyze and evaluate measurement data from rheological measurements • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46242	**Vertiefung Polymere** Specialization: Polymers	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Polymer and Interface Physics in Theory and industrial Application (1 SWS, WiSe 2023) Übung: Excercises to Lecture polymers (1 SWS) Vorlesung mit Übung: Polymers-II (2 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert Michael Redel	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymerwerkstoffen, Polymerblends und -composites • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen, Fasern und Nanofasern • Einfluss der Größenskala auf Eigenschaften • Wissensvermittlung zu den Vorgängen an Grenzflächen in polymeren Werkstoffsystemen, Kompatibilität verschiedener Polymere • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer materials, polymer blends and composites. • Fabrication and property profile of polymer thin films, fibers and nanofibers • Influence of size scale on properties • knowledge transfer on processes at interfaces in polymeric material systems, compatibility of different polymers • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik Polymere Werkstoffe" • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • sind in der Lage, Modifizierungsstrategien für Polymer-werkstoffe in Bezug auf Optimierung von Eigenschaften zu erarbeiten und durchzuführen • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeits-methodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder **English** The students

		• gain an in-depth insight into the topic of "polymer materials • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales) • are able to develop and implement modification strategies for polymer materials with regard to optimization of properties • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min).
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

Materials for Electronics and Energy Technology

1	**Module name** 46257	**Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems I - Fundamentals** Advanced semiconductor technologies - Photovoltaic systems I - Fundamentals	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems for Power Generation - Design Implementation and Characterization (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will introduce into the fundamentals of photovoltaic energy conversion. The conversion of light into electricity is one of the most efficient power technologies by today and is expected to transform our energy system towards a renewable scenario. The limits of photovoltaic energy conversion, the materials and architectures of major PV technologies and advanced characterization methods for modules as well as solar fields will be introduced theoretically and experimentally during the lecture, a seminar and the lab works.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will learn the concept of black body radiation and the radiation laws and the limits of light energy conversion. The fundamental semiconductor junctions (p-n, M-i-M, Shottky and Hetero Junction are repeated. The one diode and two diodes replacement circuits are explained . Electrical, optical, recombination and extraction loss mechanisms are discussed separately and demonstrated at the hand of numerical drift-diffusion equation solvers. The most important solar cell concepts (Si, CIGS, CdTe, GaAs, Perovksites, Organics) are introduced, and the strengths and weaknesses of each technology are analysed. • Characterization of Photovoltaic Modules will trained by flashed measurements in the lab. Defect imaging methods like DLIT, EL or PL imaging will be trained at the hand of module installations in Erlangen.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable

		Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, graded, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0%
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (examination number: 62571) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46256	**Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Semiconductors III - Processing** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors III: Processing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Solution Processed Electronics (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will introduce into the specifics of electronic transport in disordered semiconductors as compared to inorganic semiconductors. As a consequence of the transport properties, quite unique device architectures are developed for disordered semiconductor devices. As a prototype representative, organic semiconductor devices (organic solar cells and LEDs) are discussed in more detail.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will learn the major electronic transport models for disordered semiconductors. Marcus theory is introduced to describe charge migration. The Gaussian Disorder Modell is introduced to derive the temperature and field dependence of mobility and conductivity. • Organic LEDs are one of the leading display technologies nowadays. Materials concepts for OLEDs, recombination of singlet and triplet populations, energy transfer, device architecture and production aspects are discussed Organic Photovoltaics is an emerging PV Technology. The leading materials concepts and composites for OPV are bilayer and bulk heterojunction concepts, charge generation and charge recombination is discussed as a function of microstructure. • Single junction and tandem junction architectures are analysed, steady state and transient measurement methods are introduced to characterize such devices. • Processing and characterization of organic, perovskite, etc solar cells, LEDs , displays or X-Ray detectors will be trained in the lab work.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar.
10	**Method of examination**	Variable **Studien-/Prüfungsleistungen:** Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing (Prüfungsnummer: 62561) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 20, graded, 5 ECTS **Associated courses:** • Lab Work Solution Processed Electronics • Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications further explanations: Oral examination and report from lab work Language of examination: German or English first examination: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 1. examiner: Christoph J. Brabec, | 2. Prüfer: Andres Osvet
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %

		Oral examination determines the grade of the module. The LabWork should be accepted by the direct supervisor.
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 50 h Independent study: 100 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Will be presented in the StudOn page of the course

1	**Module name** 46255	**Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors II: Processing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing) (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Hans-Joachim Egelhaaf	

4	**Module coordinator**	Hans-Joachim Egelhaaf
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will give an introduction to coating and printing technologies for the manufacturing of (opto-)electronic devices by solution processing. Special emphasis will be on upscaling from lab scale devices to large area commercial products. The fundamentals of the different technologies as well as their application for the manufacturing of active layers, transparent electrodes and transparent barriers will be described in detail. Exercises will provide a more quantitative approach to thin film processing while lab work will allow hands on experience of the lecture content.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will be introduced to the inventory of printing, coating and patterning technologies available for the solution processing of organic, hybrid and inorganic (opto-)electronic devices (FETs, LEDs, solar cells and photodetectors) and its application to the manufacturing of organic, perovskite and quantum dot devices. • After discussing the fundamentals of wet film deposition (wetting, viscosity, drying), the working principles and application ranges of coating (spin coating, doctor blading, slot die coating), printing (letter press, gravure, flexo, screen, ink jet printing) as well as of patterning techniques (printing, scratching, laser ablation) will be introduced. • The specific requirements of "printed electronics will be introduced and compared to those of "silicon based electronics on one hand and "visual printing on the other hand. • The students will learn how to manufacture transparent electrodes (thin metal films, finger electrodes, nanowire meshes, transparent conductive oxides), active layers (bulk heterojunctions, perovskite films, nanoparticle layers), and barriers from the respective inks. They will also learn how to decide for the appropriate coating/printing technology. The inventory of materials for printed electronics will be presented and concepts for rational development of inks from these materials (Hansen solubility theory) will be introduced.

		• Exercises will teach the students to base their decisions for materials, coating/printing technologies and patterning methods on quantitative considerations. These will include the calculation of resistance losses in transparent electrodes, of the viscosities and surface tensions of inks as well as of the water vapor transmission rates of barriers. • Deposition and patterning of electrodes, active layers, and barriers for organic or perovskite solar cells will be trained in the lab work.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Usability of the module / integration into the sample curriculum: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) This module can also be used in the subjects "Nanotechnology (Master of Science)".
10	**Method of examination**	Variable

		Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing (examination number: 62551) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, graded, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0% **Associated courses:** • Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors • Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing - 1 experiment / 20 pages report) 1. examiner: Christoph J. Brabec
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 67 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46254	**Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors I: Materials - Nanocrystals** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors I: Materials - nanocrystals	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kolloidale Nanokristalle (2 SWS) Seminar: Seminar über "Solution Processed Semiconductors" (2 SWS) Praktikum: Advanced Semiconductor Technologies - Synthesis of Carbon Quantum Dots (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Advanced Semiconductor Technologies - Materials for Organic Electronics (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Wolfgang Heiß Prof. Dr. Marcus Halik	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	**Contents**	Lecture / Seminar / Lab work Applications of colloidal nanocrystal materials Growth models to describe nucleation, growth and ripening of nanocrystals Optical properties of quantum dot materials Colloidal nanocrystals operating in the infrared Perovskite based colloidal nanocrystals Devices based on colloidal nanocrystals Topological insulators and two-dimensional materials Synthetic routes towards colloidal nanocrystals Fundamentals of charge transport and optical properties of conjugated polymers Organic semiconductor materials Fundamentals of carbon allotropes
6	**Learning objectives and skills**	Obtaining a detailed understanding of the physics and chemistry of semiconductor nanocrystals Understanding and practically performing the synthesis of a colloidal semiconductor material Independent development and presentation of new research results from the literature on the topic of solution processed semiconductors Understanding of special optical processes in semiconductor nanocrystals Knowledge of nanocrystal applications in devices Understanding fundamentals of organic semiconductors and carbon allotropes
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable

8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, benotet, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0 % Related Lab Work - 1 experiment / 20 pages report
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %
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**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46262	**Crystal Growth 3** Crystal growth 3	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann
5	**Contents**	• Basics of computer simulation of a crystal growth process • Introduction to the COMSOL Multi-Physics software package • Application of numerical modeling in crystal growth (melt crystallization, solution growth and gas phase growth)
6	**Learning objectives and skills**	• The students acquire in-depth knowledge of the computer simulation of materials science processes (focus: crystallization). • Getting to know digital techniques in materials science, writing technical reports, teamwork
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Practical achievement derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Practical 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** 46253	**Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management** Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light conversion and light management	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Lab Work Manufacturing and Characterization of Phosphors and Storage Phosphors (3 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Miroslaw Batentschuk	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk
5	**Contents**	The module consists of a lecture and a lab course: • Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (Im Wintersemester) (Vorlesung, 2 SWS, Miroslaw Batentschuk • Lab Work Manufacturing and Characterization of Phosphors and Storage Phosphors (im Sommersemester) (Praktikum, 3 SWS, Andres Osvet et al., Zeit n. V., Labore LS i-MEET) ; Scope: 1 experiment, 20 pages report. Contents: • Classification of phosphors according to their principle of operation and by field of application. • Establishing the relationships between crystal structure of phosphors as well as their composition and the desirable absorption and emission properties. • Energy transfer between the crystal lattice and active ions as well as between these ions • Consideration of several examples • Theoretical analysis of phosphor engineering with the purpose to reach maximal energy efficiency during transformation of the ionizing radiation • Basics and to methods of storage phosphor manufacturing • Analysis of requirements to the properties and new trends in development of phosphors for white light emitting diodes and for adaptation of the sun light spectrum to the sensitivity of solar cells and plants
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get the theoretical background and the ability to determine the required parameters for engineering new phosphors as a part of photovoltaic modules and devices for modern lighting. • The students will be trained in processing of phosphors and dielectric layers. The students will gain knowledge in characterization of phosphors and improved solar cells.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry,

		Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details
10	**Method of examination**	Variable Studien-/Prüfungsleistungen: Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (Prüfungsnummer: 62531) Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % weitere Erläuterungen: zusätzlich zur mündlichen Prüfung - unbenoteter Nachweis vom Praktikum, Bericht 20 Seiten Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 weitere Erläuterungen: mögliche weitere Prüfungsformen sind Klausur (45 Min.) oder Hausarbeit benotet (ca. 20 Seiten) Oral examination, exercises, and report from lab work Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch 1. Prüfer: Miroslaw Batentschuk, 2. Prüfer: Andres Osvet
11	**Grading procedure**	Variable (100%)

12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46252	**Semiconductor Devices and Applications** Semiconductor devices and applications	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Devices & Applications (2 SWS) Praktikum: Lab Work Thin Film Semiconductors (2 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Andres Osvet	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec
5	**Contents**	Lecture / Exercise / Lab work • Introduction into the fundamentals, materials and application of thin film semiconducting devices • semiconductor junctions • display technologies • photovoltaic technologies • photodetector and X-Ray technologies • thin film transistor, memory , storage and energy harvesting technologies
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get a detailed introduction and overview on various selected thin film device technologies, with emphasis on display technologies, lighting, energy harvesting and photovoltaics (renewable energies). • Independent development of a selected AST topic to the level of comprehension that the student can give a 25 min tutorial / presentation, presentation skills and techniques, • Processing and characterization of thin film semiconductors and semiconducting devices such as photovoltaics, LEDs, light conversion layers (lab course). • Data handling, data storage and written reporting in material science (lab course)
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der

		Energietechnologie | Grund- und Ergänzungsmodul | Semiconductor Devices and Applications) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | Grund- und Ergänzungsmodul | Semiconductor Devices and Applications) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Semiconductor Devices and Applications) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details
10	**Method of examination**	Variable Studien-/Prüfungsleistungen: (englischer Titel: Semiconductor Devices and Applications) Semiconductor Devices and Applications (Prüfungsnummer: 62521) Prüfungsleistung, Portfolio, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen: • Advanced Semiconductors Introduction: Devices & Applications • Lab Work Thin Film Semiconductors weitere Erläuterungen: Lecture - graded certificate (students choose either exam on processsing and characterization of a thin film device or a written report of 10 to 20 pages including a final discussion on the results or a presentation of an independent topic in a seminar). Lab Work (1 practical with final report of approximately 1- - 15 pages) Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 1. Prüfer: Christoph J. Brabec
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Wird an der Vorlesung dargestellt

1	**Module name** 46251	**Semiconductor Fundamentals, Characterization, Materials & Processing** Semiconductor fundamentals, characterization, materials & processing	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Crystal Growth 2 - Wide Bandgap Semiconductors (1 SWS) Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Characterization (2 SWS) Vorlesung: Crystal Growth 1 - Fundamentals of Crystal Growth and Semiconductor Technology (2 SWS) Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Fundamentals (2 SWS)	2 ECTS 2,5 ECTS 3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann Prof. Dr. Wolfgang Heiß	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk
5	**Contents**	Lecture • Crystal structure of solids • Introduction to quantum mechanics in solids • Carrier concentration and charge transport • Excess carriers in semiconductors • The pn junction • Measurement of resistivity, carrier concentration, and mobility • Characterization of defects semiconductors • Determination of optical parameters Lecture, Crystal growth and semiconductor technology • Fundamentals of crystal growth (melt ~, solution ~, vapor growth) • Fundamentals of Silicon Semiconductor Device Technology (Oxidation, Doping by diffusion and ion implantation, etching, metallization, lithography, packaging) • Processing of wide bandgap semiconductors
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get the theoretical background and the ability to determine the required parameters for mathematically model the fundamental electrical properties of semiconductors and semiconductor junctions, representing the basic units used for photovoltaics and modern lighting. • The deepening of fundamental understanding of semiconductor properties, as a solid basis for further lectures dealing with the physics of semiconductor devices • Understanding typical experimental techniques to determine basic parameters of semiconductors and semiconductor devices by electronic or optical measurements. • The student gain fundamental knowledge in crystal growth and semiconductor technology.
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable The lectures of the Crystal Growth 1 sub-module are held in the "Flipped Classroom" format (synchronous learning units in the lecture hall & asynchronous learning units via Studon: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_3259598 https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_4514743 The partial examination of the Crystal Growth 1 sub-module takes place either orally (15 min) or as an electronic exam (30 min). The electronic exam partly contains multiple choice questions. The following applies: Each answer option is rated with the assigned number of points if the answer is correct; Incorrect answer goes within the question with negative points. All points of the possible answers are added up. There are no penalties for incorrectly marked tasks.
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Semiconductor Fundamentals, Characterization, Materials & Processing (Prüfungsnummer: 62511) (englischer Titel: Semiconductor Fundamentals, Characterization, Materials & Processing) Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30, benotet, 10 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % weitere Erläuterungen: Jeder Teil (Crystal Growth und Advanced Semiconductors) trägt jeweils zu 50% der Note bei. Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 30, graded, 10 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0% further explanations: Each part (Crystal Growth and Advanced Semiconductors) each contributes 50% of the grade.
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Semiconductor Physics and Devices, Donald A. Neaman, McGraw-Hill, ISBN: 978-0-07-352958-5

		Semiconductor Material and Device Characterization, Dieter K. Schroder, John Wiley & Sons, Inc., ISBN:9780471739067 S.M. Sze, Semiconductor Devices – Physics and Technology, John Wiley & Sons, Inc. 2002 P. Wellmann, Materialien der Elektronik und Energietechnik – Halbleiter Graphen, Funktionale Materialien, Springer-Vieweg 2015 (1st edition) and 2019 (2nd edition)

Biomaterials

1	**Module name** 46265	**Advanced applications: Biofabrication and Drug Delivery** Advanced applications: Biofabrication and drug delivery	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum "Biofabrication and Drug Delivery" (0 SWS) Vorlesung: Biofabrikation (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr.-Ing. Rainer Detsch	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Vorlesung Biofabrikation* • Anwendungsfelder Additive Fertigung- Grundprinzip • Aufbau und Funktionsweise eines 3D Druckers • Unterschiedliche Systeme des 3D Druckens • Anforderungen an Biotinten • Eigenschaften synthetischer und natürlicher Biotinten • Synthese und Vernetzungsmechanismen von Hydrogelen • mechanische und chemische Charakterisierung der Biotinte • Zell-Drucken und Zell-Reifung • Verschiedene Anwendungen der Biofabrikation: Organ on a Chip und Gewebeanaloga *Praktikum "Drug Delivery Systeme"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Hydrogele *Prakikum "3D Drucken"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Additive Fertigung von Biopolymeren: 3D Extrusionsdrucken von Polycaprolacton und Alginat |*Content:*| *Lecture Biofabrication* • Application fields Additive Manufacturing- basic principle • Setup and operating principle of 3D printer • Different systems of 3D printing • Requirements for bioinks • Properties of synthetic and natural bioinks • Synthesis and cross-linking of hydrogels • Mechanical and chemical characterisation of bioinks • Cell-printing and cell-maturation • Different applications of biofabricaation: Organ on a Chip and tissue analogs *Practical "Drug Delivery Systems":* Experimental work to consolidate the content oft he lecture course hydrogels *Practical "3D Printing":* Experimental work to consolidate the content of the lecture course Additive Manufacturing of Biopolymers: 3D Extrusion printing of Polycaprolacton and Alginate
6	**Learning objectives and skills**	* Biofabrikation* Die Studierenden • erfassen die Wichtigkeit verschiedener Konzepte im Bereich der Biofabrikation.

		• lernen physikalische/chemische Grundlagen von Hydrogelen, Zellen-Gewebe und 3D Drucken.
		• versehen der Interaktion von Biotinte, 3D Drucken und Zellen
		• verstehen der Mechanismen der 3D Generierung: |Organ on a Chip bis hin zu Gewebeanaloga|
		Praktikum Drug-Delivery-Systeme
		Die Studierenden
		•
		  ° lernen das sterile Arbeiten, Pipettieren und Mikroskopieren.
		  ° verstehen die Freisetzungskinetik von Drug-Delivery-Systemen.
		  ° haben einen Überblick über Methoden der Herstellung und Charakterisierung von Mikrokapseln im Hinblick auf die biomedizinische Anwendung.
		  ° grasp the importance of the different concepts in the area of biofabrication.
		  ° learn physical/chemical fundamentals on hydrogels, cells-tissues and 3D printing.
		  ° understand the interaction between bioinks, 3D printing and cells
		  ° understand the mechanisms of 3D generation: from Organ on a Chip to tissue analogs
		  ° understand the importance of polymeric materials for biofabrication processes *Practical 3D-Printing* The students learn to work in sterile conditions, using a pipette and microscope. understand the release kinetics of drug-delivery-systems. get an overview on fabrication and characterisation methods of microcapsules in regards of biomedical applications.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable (45 minutes) derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	*Biofabrikation/Biofabrication* • Moroni, L., et al. (2018). "Biofabrication: A Guide to Technology and Terminology. Trends in Biotechnology. • Groll, J., et al. (2018). "A definition of bioinks and their distinction from biomaterial inks. Biofabrication, 11(1) • Valot, L., Martinez, J., Mehdi, A., and Subra, G. (2019). "Chemical insights into bioinks for 3D printing. Chemical Society Reviews, 48(15), 40494086. • Yi, H.-G., Lee, H., and Cho, D.-W. (2017). "3D Printing of Organs-On-Chips. Bioengineering, 4(4), 10. *Drug-Delivery-Systeme/Drug-Delivery-Systems* • Augst, A. D., Kong, H. J., and Mooney, D. J. (2006). "Alginate hydrogels as biomaterials. Macromolecular bioscience, 6(8), 623633. • Smidsrød O, Skjåk-Braek G. (1990) "Alginate as immobilization matrix for cells. Trends Biotechnol.;8(3):71-8. • Productinformation: Bradford Reagent, Prod.No. B6916, Sigma * 3D Drucken/3D Printing* • Liaw, C. Y., and Guvendiren, M. (2017). "Current and emerging applications of 3D printing in medicine. Biofabrication. • Chia, H. N., and Wu, B. M. (2015). "Recent advances in 3D printing of biomaterials. Journal of Biological Engineering, 9(1), 4.

1	**Module name** 46266	**Advanced applications: Composites and Surfaces** Advanced applications: Composites and surfaces	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik* • Vorteile von Verbundwerkstoffen als Werkstoffe in der Medizin • Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen • Beispiele für Verbundwerkstoffe und deren Einsatz in der Medizintechnik • Bedeutung der Nanomaterialien in der Medizintechnik • Charakterisierung von Nanomaterialien • Nanoteilchen, Nanotubes • Zelltoxizität und Grenzen des Einsatzes von Nanoteilchen in der Medizintechnik • Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Nanoteilchen • Kolloidale Prozesse und Funktionalisierung von Nanoteilchen • Herstellung von Nanoteilchen auf der Bioroute • Biogene Nanopartikel • "Green Chemistry" für die Herstellung von Nanoteilchen • Ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Nanobiomedizin. *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine* This course introduces the basics of chemistry and physics of surfaces including characterization methods for biomaterial surfaces. Surface properties which are relevant for protein and cell attachment are discussed. Fundamentals of protein and protein adsorption on biomaterials are presented as well as the effect of chemical composition, topography, hydrophobic and hydrophilic surfaces, stiffness of the biomaterial and ion release effects from the biomaterial on cell attachment and success of the implanted material in general. The lecture also gives surface modification strategies for implants and scaffolds including biomedical coatings and bioactive surfaces. The course covers also functionalization strategies for biomaterials. Protein adsorption mechanisms and the basics of the interaction between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered. Protein adsorption mechanisms and the basics of the interaction between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered. *Dentale Biomaterialien* • Aufbau der Zähne • Zahnkrankheiten • Biomechanik • Dentale Konstruktionslehre, Präparation • Zemente & Polymere • Befestigung am Zahn • Befestigung am Substrat

		• Implantate • digitaler Workflow, klinische Fraktografie • Mechanische Eigenschaften & Prüfung • Dentalkeramik |*Content:*| *Composite materials and nanomaterials in medical technology* • Advantages of composites as materials for medicine • Microstructure-property-correlation in composites • Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen • Examples of composites and their usage in medical technology • Importance of nanomaterials in medical technology • Characterisation of nanomaterials • Nanoparticles, nanotubes • Cell toxicity and limitations of use of nanoparticles in medical technology • Sol-gel-processes for fabrication of nanoparticles • Colloidal processes and functionalization of nanoparticles • Production of nanoparticles using the bio-route • Biogenic nanoparticles • "Green chemistry" for the synthesis of nanoparticles • Selected examples from the area of nanobiomedicine *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:* see above *Dental Biomaterials* • Structure of teeth • Tooth diseases • Biomechanics • Dental design theory, preparation • Cements & polymers • Attachment on teeth • Attachment on substrate • Implants • Digital workflow, clinical fractography • Mechanical properties and examination • Dental ceramics
6	**Learning objectives and skills**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik* Die Studierenden • gewinnen einen Überblick über die aktuell und zukünftig in der Medizintechnik eingesetzten Nanomaterialien. • kennen spezifische Eigenschaften, Anwendungen und Vorteile von Nanokompositen. • verstehen die Zusammensetzung und Entwicklung solcher Verbundwerkstoffe für die Medizintechnik in Anwendungen wie Beschichtungen, Scaffolds, Drug-Delivery Systeme und antimikrobielle Oberflächen. *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:* see below *Dentale Biomaterialien*

Die Studierenden

- kennen den Aufbau und die Struktur von Zähnen und die daraus abgeleiteten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.
- kennen die Struktur und die Zusammensetzung dentaler Biomaterialien wie hochgefüllte Polymere, Dentalkeramiken oder Titanimplantate.
- verstehen die relevanten Krankheitsbilder, die zum Zahnverlust führen können und bekommen Einblick in die Kariesätiologie.
- entwickeln das Verständnis für die Prinzipien dentaler Konstruktionslehre (Kavitätenpräparation) im Hinblick auf die unterschiedlichen Restaurationsmaterialien und Befestigungstechniken.
- klassifizieren die Prinzipen der dentalen Befestigungstechnik und speziell der adhäsiven Klebetechnik.
- können den Unterschied zwischen direkter, plastischer Füllungstherapie und indirekten, prothetischen Restaurationen diskutieren.
- sind in der Lage dentale Biomaterialien, anwendungsspezifisch hinsichtlich mechanischer, physikalischer, chemischer und biologischer Eignung zu untersuchen.

|*Educational objectives and competences:*|

Composite Materials and Nanomaterials in Medical Technology

The students

- obtain an overview on the current and future nanomaterials used in medical technology.
- know specific properties, applications and advantages of nanocomposites.
- understand the composition and development of such composite materials for medical technology for applications such as coatings, scaffolds, drug-delivery systems and antimicrobial surfaces

Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine

The students

- learn the basics of different aspects of interfaces of biomaterials. In particular, focus will be placed on the interaction between different biomaterials (polymers, metals, ceramics) with the physiological fluids and the surrounding tissue.
- can apply their knowledge in order to judge the success of the different biomaterials and to optimize the surface properties for specific applications
- know and can explain methods of surface characterization.

Dental biomaterials

The students

		• know the structure of a tooth and their mechanical and physical properties. • understand the structure and the composition of dental biomaterials, such as highly filled polymers, dental ceramics or titanium implants. • understand the relevant clinical pictures, which lead to tooth loss, and an insight into the etiology of caries formation. • develop an understanding for the principles of dental design theory (Cavity preparation) with view to the different restoration materials and fixation techniques, • classify the principles of dental fixation techniques, in particular the adhesive technique. • can discuss the difference between direct, plastic restorative therapy and indirect, prosthetic restorations. • are able to examine dental biomaterials from a user specific standpoint regarding mechanical, physical, chemical and biological suitability.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	english
16	**Bibliography**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik/ Composites and nanomaterials in medical technology* • Ambrosio (ed.): Biomedical composites; Oxford, 2010 • Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 2009 *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine* • Biomaterials Science, 2nd ed., B. D Ratner et al. (eds.), Elsevier, 2004. • Surface Modification of Biomaterials: Methods analysis and applications, R. Williams (ed.), Woodhead Publishing, 2010

		Further recommended reading will be announced in the lectures. *Dentale Biomaterialien/Dental Biomaterials* • Rosentritt M., Ilie N., Lohbauer U. Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Thieme Verlag. 2018 (ISBN 978-3-1324-0123-5)

1	**Module name** 46264	**Advanced Applications: Tissue Engineering** Advanced applications: Tissue engineering	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Biomaterials for Tissue Engineering* • Tissue Engineering und regenerative Medizin: Konzepte, Definitionen und historische Entwicklung • Scaffolds: Anforderungen, Herstellung und Charakterisierung • Beispiele: scaffolds für Tissue Engineering von Knochen und Weichgeweben • Neue Konzepte: multifunktionelle scaffolds • Medikamentös wirksame scaffolds: Tissue Engineering und drug delivery *Praktikum "Tissue Engineering"* • Versuch 1: Polymer-beschichtete bioaktive Scaffolds für Knochen Tissue Engineering (Grundlagen des Tissue Engineerings [TE; Definitionen] mit dem Schwerpunkt auf Knochen-TE; Ansprüche an Scaffolds für Knochen-TE; Materialien für Scaffolds für Knochen-TE) • Versuch 2: Elektrophoretische Abscheidung von Funktionsschichten auf Biomaterialien |*Content:*| *Biomaterials for Tissue Engineering* • Tissue engineering and regenerative medicine: concepts, definitions and historical development • Scaffolds: requirements, fabrication and characterisation • Examples: scaffolds for tissue engineering of bone and soft tissues • New concepts: multifunctional scaffolds • Medicinally active scaffolds: Tissue engineering and drug delivery *Practical "Tissue Engineering"* • Experiment 1: Polymer-coated bioactive scaffolds for bone tissue engineering (basics of tissue engineering [TE; definitions] with emphasis on bone TE; materials for scaffolds for bone TE) • Experiment 2: Electrophoretic deposition of functional coatings for biomaterials
6	**Learning objectives and skills**	*Biomaterials for Tissue Engineering* Die Studenten sollen • die überragende Wichtigkeit der Konzepte des Tissue Engineering und die Rolle der Biomaterialien dabei erfassen. • mit der Bedeutung, Herstellung, Charakterisierung, Einsatz und Bewertung von Gerüststrukturen im Tissue Engineering vertraut sein.

Praktikum "Tissue Engineering"
|Versuch 1: Polymer-beschichtete bioaktive Scaffolds für Knochen Tissue Engineering|
Die Studenten

- lernen kennen und wenden an: Herstellungsverfahren, Beschichtungsverfahrenund Charakterisierungsmethoden für scaffold für Knochen-TE.
- können: Ein Protokoll der Experimente erstellen.
- bewerten und diskutieren: Die Verfahren und Ergebnisse der Versuche.

|Versuch 2: Elektrophoretische Abscheidung von Funktionsschichten auf Biomaterialien|
Die Studenten

- lernen kennen: Die Anforderungen an Biomaterialien, den Einfluss der EPD-Abscheidungsparameter auf die Funktionalität der Schichten.
- lernen kennen und wenden an: Das Verfahren der Elektrophoretischen Abscheidung, die Kontaktwinkelmessung als Charakterisierungsmehtode von Oberflächen.
- bewerten und diskutieren: Funktionsschichten bezüglich Ihres Einsates als Biomaterialien; die Ergebnisse der Versuche und Verfahren.

|*Educational objectives and competences:*|
Biomaterials for Tissue Engineering
The students need to

- comprehend the paramount importance of the concepts of tissue engineering and the role of biomaterials therein.
- to be familiar with the significance, fabrication, characterisation, application and evaluation of scaffold structures for tissue engineering.

Practical "Tissue engineering"
|Experiment 1:| Polymer coated bioactive scaffolds for bone tissue engineering
The students

- are familiarised with and apply: fabrication methods, coating techniques and characterisation methods for scaffolds for bone tissue engineering.
- are able to: devise a protocol of the experiment.
- assess and discuss: the procedures and results of the experiments.

|Experiment 2:| Electrophoretic deposition (EPD) of functional coatings on biomaterials
The students

- get to know: the requirements for biomaterials, the influence of the EPD-process parameters on the functionality of the coatings.
- apply: the processes of EPD, contact angle measurements as a characterisation method for surfaces.

		• assess and discuss: functional coatings regarding their application as biomaterials, the results of the experiments and the process in general.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable (45 minutes) derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	*Biomaterials for Tissue Engineering* • Boccaccini, Gough, J.E. (eds.): Tissue engineering using ceramics and polymers; Cambridge, 2007 • Polak, Mantalaris, Harding (eds.): Advances in Tissue Engineering; Oxford u.a., 2010 • Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 52009 • Hench, Jones (eds.): Biomaterials, artifical organs und tissue engineering; Oxford, 2005 *Praktikum/Practical "Tissue Engineering"* • Literaturangaben (begleitend und zur Vorbereitung) finden sich in den aktuellen Versuchsanleitungen/Bibliographical references (supporting and for the preparation) are included in the current script.

1	**Module name** 46263	**Basics of Biomaterials** Basics of biomaterials	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum I "Basics of Biomaterials" (Herstellung biomimetischer Schichten) (0 SWS) Vorlesung: Cell-Material-Interactions (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Biomaterialien (Implantatwerkstoffe) (2 SWS) Übung: Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe) (2 SWS)	1,25 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr. Julia Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* • Definition Implantate • Geschichte der Biomaterialien • Beispiele für Implantate im menschlichen Körper z.B. Gelenkersatz, abbaubare Implantate, intraokulare Linsen etc. • Implantat-Beschichtungen • Testen von Biomaterialien *Zell-Werkstoff-Wechselwirkung* • Bedeutung der Oberfläche bei Biomaterialien • Grenzfläche Biomaterial/Zelle • Einfluss der Oberflächenchemie auf das Zellverhalten • Einfluss der Oberflächentopographie auf das Zellverhalten • Proteinadsorption auf Biomaterialoberflächen • Funktionalisierung von Biomaterialoberflächen/bioaktive Oberflächen *Praktikum "Basic of Biomaterials"* • Versuch 1 - Herstellung biomimetischer Schichten: Beschichtung von metallischen Substraten zur Erhöhung der Osteokonduktivität, Knocheneinheilungsprozesse an der Implantatoberfläche • Versuch 2 - Zell-Toxizität: Einfluss unterschiedlicher Biomaterial-Eluate auf das zelluläre Wachstum |*Content:|* *Biomaterials (Implant materials) and Tutorial on Biomaterials (Implant materials)* • Definition of implant • History of biomaterials • Examples of implants in the human body, e.g. joint replacement, resorbable implants, intraocular lenses etc. • Implant coatings • Testing of biomaterials *Cell-material-interaction*

		• Importance of the surface in biomaterials • Interface biomaterial/cell • Influence of surface chemistry on cell behaviour • Influence of surface topography on cell behaviour • Protein adsorption on biomaterial surfaces • Functionalisation of biomaterial surfaces/bioactive surfaces *Practical "Basics of Biomaterials"* • Experiment 1 Fabrication of biomimetic coatings: Coating of metallic substrates to improve osteoconductivity, bone healing processes on the implant surface. • Experiment 2 Cell toxicity: influence of different biomaterial eluates on cellular proliferation
6	**Learning objectives and skills**	*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* Die Studierenden • verstehen den Zusammenhang zwischen Eigenschaften eines Biomaterials und dessen Verhalten im menschlichen Körper • können den Erfolg von Biomaterialien im Körper anhand ihrer Eigenschaften beurteilen *Zell-Werkstoff-Wechselwirkung* Die Studierenden • verstehen die Bedeutung der Oberflächeneigenschaften für die Nutzung und Einsetzbarkeit von Biowerkstoffen. • entwickeln Verständnis über den Einfluss der Oberflächenchemie und -topographie von Biomaterialien auf die Zelladhäsion. *Praktikum "Basic of Biomaterials"* • Versuch 1 - Herstellung biomimetischer Schichten: Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Beschichtungen zur Verbesserung von Implantatoberflächen. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie man Oberflächeneigenschaften gezielt einstellen kann. • Versuch 2 - Zell-Toxizität: Die Studierenden verstehen die Bedeutung von In-vitro Zytotoxizitätsuntersuchungen und lernen Techniken zur Erfassung des Einflusses unterschiedlicher Materialklassen auf Zellproliferation und Zellmorphologie kennen und zu beurteilen. |*Educational goals and competences:*| *Biomaterials (Implant materials)* and *Tutorial on Biomaterials (Implant materials)* The students • should understand the connection between properties of a biomaterial and its behaviour in the human body. • can evaluate the success of a biomaterial in the body by means of the material properties. *Cell-material-interaction* The students • understand the importance of surface properties for the application and the usability of biomaterials.

		• develop an understanding of the influence of surface chemistry and topography of biomaterials on cell adhesion. *Practical "Basics of Biomaterials"* • Experiment 1 Fabrication of biomimetic coatings: The students understand the importance of coatings to improve the surface properties of implants. Different possibility are shown how the surface properties can be tailored to a given application. • Experiment 2 - Cell-toxicity: The students understand the significance of in-vitro cell toxicity investigations and get to know and evaluate the techniques to determine the influence of different material classes on cell proliferation and cell morphology
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)*/*Biomaterials (Implant materials)* and *Tutorial on Biomaterials (Implant materials)* • B.Ratner et al "Biomaterials science. An introduction to materials in medicine" Elsevier • E. Wintermantel, S.-W. Ha "Medizintechnik und Life Science Engineering" Springer Verlag • M. Tanzi et al. "Foundations of Biomateral's Engineering" Academic Press *Zell-Werkstoff-Wechselwirkung*/*Cell-material-interaction* • ° Will, J., Detsch, R. & Boccaccini, A. R. Structural and Biological Characterization of Scaffolds. in Characterization of Biomaterials 299310 (2013). doi:10.1016/B978-0-12-415800-9.00008-5 Langer, R. & Tirrell, D. A. Designing materials for biology and medicine. Nature (2004). doi:10.1038/nature02388 Augst, A. D., Kong, H. J. & Mooney, D. J. Alginate

		hydrogels as biomaterials. Macromol. Biosci. 6, 623633 (2006). *Praktikum/Pratical "Basic of Biomaterials"* Literaturangaben (begleitend und zur Vorbereitung) finden sich in den aktuellen Versuchsanleitungen/Bibliographical references (complementary and for preparation) are found in current script.

1	**Module name** 22802	**Grundlagen der Anatomie und Physiologie** Foundations of anatomy and physiology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker, Naturwissenschaftler und Ingenieure (2 SWS)	-
3	Lecturers	Dr. Jana Dahlmanns Prof. Dr. Christian Alzheimer Prof. Dr. Peter Soba	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	Die Grundlagen der menschlichen Physiologie und Anatomie werden betrachtet. Dabei wird das grundlegende menschliche Nervensystem, Auge, Ohr, das somatosensorische System und die zentrale Motorik des Menschen betrachtet. Im zweiten Teil der Vorlesung wird das Herz-Kreislauf System sowie das Magen-Darm System und der Blut- und Atmungskreislauf erklärt. **Content:** The fundamentals of human physiology and anatomy are contemplated. At the same time, the underlying human nervous system, the eye, the ear, the somatosensory system and the central motor function of humans is detailed. In the second part of the lecture course, the cardiovascular system as well as the gastrointestinal and the blood circulation and breathing circuit are explained.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen den grundlegen Aufbau des menschlichen Körpers. • verstehen die Mechanismen des Blut- und Atmungskreislaufs, Motorik und des Herz- Kreislaufsystems. **Educational Goals and Competences:** The students • know the fundamental structure of the human body. • understand the mechanisms of blood and breathing circulation, motor function and the cardiovascular system.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232 derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Geeignete begleitende Literatur wird in der Vorlesung genannt./ Relevant accompanying literature will be detailed during the lecture.

Materials Simulation

1	**Module name** 46272	**Discrete and Continuum Simulation** Discrete and continuum simulation	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Foundations of Finite Element Simulation (Lecture/Tutorial) (1 SWS) Vorlesung mit Übung: Numerische Methoden in den Werkstoffwissenschaften - Atomistische Methoden (4 SWS, SoSe 2024) Vorlesung mit Übung: Numerical Methods in Materials Science: Atomistic Modelling (SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser Prof. Dr.-Ing. Erik Bitzek Prof. Dr. Luca Ghiringhelli	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Atomistic simulation methods; 2. Molecular dynamics simulations 3. Statics and energy minimization; 4. Continuum models for materials simulation 5. Mathematical formulation and discretization schemes 6. Finite element method
6	**Learning objectives and skills**	The students • understand and operate the state-of-the-art modeling techniques in materials simulation, both at the atomistic level and in the continuum. • acquire advanced knowledge of the molecular dynamics methods, • acquire advanced knowledge of the finite element method • acquire advanced knowledge of the advanced techniques of data analysis that are relevant in material modeling, both in research and in applications.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46271	**Foundations of Materials Simulation** Foundations of materials simulation	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Multi-scale Simulation Methods (Lecture and Tutorial) (2 SWS) Praktikum: Kernfachpraktikum Werkstoffsimulation (WW8) (0 SWS) Seminar: Introduction to Advanced Maths and Calculus (1 SWS) Übung: Multi-scale Simulation Methods (Tutorial) (1 SWS) Seminar: Scientific Programming with Python (1 SWS) Vorlesung mit Übung: test (SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS - - - -
3	Lecturers	PD Dr. Paolo Moretti Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Mathematical and numerical background in materials simulation; 2. Molecular dynamics; 3. Monte Carlo methods; 4. Kinetic Monte Carlo method; 5. Finite element method; 6. Phase field method; 7. Lattice and network models.
6	**Learning objectives and skills**	The students • gain an overview of the problem of materials simulation across scales • acquire knowledge on the general aspects of both atomistic and continuum modeling • gain experience in the practical application of these methods to real problems of materials mechanics modeling. • learn techniques of programming and data analysis of relevance in materials science • which includes theoretical content and hands-on experience
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (30 Min.) currently taking an oral exam (30 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h

14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46276	**Foundations of phase field modelling**	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Introduction to Phase Field Simulation (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Materials Simulation with Phase Field (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	Dr. Frank Wendler
5	**Contents**	1. Continuum modeling; 2. Introduction to the phase field method; 3. Advanced materials simulation with the phase field method; 4. Practicals and hands-on activities
6	**Learning objectives and skills**	Students • gain an extensive knowledge of the phase field method, from the more general aspects to the most advanced current applications • become familiar with the theoretical tools of the phase field method • acquire the practical aspects of its numerical implementations, through extensive practical sessions.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46274	**Materials Informatics** Materials informatics	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Driven Materials Science (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Computational Models of Biomaterial Failure (2 SWS) Vorlesung: Computational Materials Engineering and Data Science for Industrial Application (2 SWS, SoSe 2024)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Luca Ghiringhelli PD Dr. Paolo Moretti Dr. Johannes Möller	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Data science in materials modeling 2. Correlations and methods of statistical inference 3. Machine learning techniques 4. Elements of high performance computing 5. Data structures in microstructure modeling
6	**Learning objectives and skills**	the students • acquire advanced knowledge of computer-based techniques of data analysis and materials modeling • learn methods of relevance in the treatment of data coming from both simulations and experiments. • become familiar with concepts and tools of machine learning and high performance computing, of relevance in the study of materials properties, through extensive practical sessions
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46273	**Material Theory** Material theory	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Generalized Continuum Models of Materials Mechanics (1 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Foundations of Computational Materials Science (1 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Theoretical foundations of atomistic models 2. Coarse graining and formulation of continuum theories 3. Generalized continuum theories.
6	**Learning objectives and skills**	students learn the theoretical foundations of the models behind current state-of-the-art simulation techniques • develop a critical understanding of current modeling tools and approximation methods • develop a critical understandingof relevance both for atomistic modeling and for continuum approaches
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46275	**Microstructure Modeling** Microstructure modeling	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Dislocation Theory and Dislocation Simulation (Tutorial) (1 SWS) Vorlesung: Dislocation Theory and Dislocation Simulation (Lecture/Tutorial) (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Modelling Materials with Finite Element Simulations (Tutorial) (1 SWS) Seminar: Seminar Computational Materials Science (2 SWS)	1 ECTS 2,5 ECTS 1,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Finite element simulation methods 2. Dislocation theory and simulation 3. Discrete and continuum microstructural modeling 4. Discretization schemes 5. Network models
6	**Learning objectives and skills**	Students • develop advanced knowledge in the field of computer-aided microstructure modeling techniques. • develop advanced knowledge in discrete methods • develop advanced knowledge in continuum models in conjunction with the appropriate discretization techniques. • understand the theoretical aspects of continuum and discrete microstructure
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	

Micro- and Nanostructure Research

1	**Module name** 46284	**3D Characterization in Materials Science** 3D characterization in materials science	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the application of 3D characterization methods in materials science. Techniques on different length scales (meters down to angstroms) using different probes (e.g. visible light, X-rays, electrons) are covered. The aim of this module is to give an overview over available techniques, to teach the underlying physical principles and to point out specific advantages, challenges and limits, demonstrated on recent research examples. Focal topics are transmission tomography methods on the nano- and microscale, namely high-resolution X-ray computed tomography (Nano-CT) and electron tomography. Sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction, data handling and analysis are taught in both the lecture and the practical course. The theoretical background of 3D reconstruction techniques for transmission tomography is also part of the lecture.
6	**Learning objectives and skills**	**Professional competence** **Knowledge** Overview over 3D characterization techniques on different length scales using different probes, demonstrated on recent research examples **Understanding** Understand the underlying physical principles and specific advantages, challenges and limits of different 3D techniques in materials science **Analyzing** Learn theoretical and practical aspects of sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction and analysis of transmission tomography on the nanoscale
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) ---------- currently taking an oral exam (15 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**	english
16	**Bibliography**	• G. Hübschen, I. Altpeter, ... H.-G. Herrmann: Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods. Elsevier. • J. Frank: Electron Tomography - Methods For Three-Dimensional Visualization of Structures in the Cell. Springer. • T. M. Buzug: Computed Tomography. Springer. • Burnett et al. 2014, Correlative Tomography, Scientific Reports 4, 4711. • Hauser et al. 2017, Correlative Super-Resolution Microscopy: New Dimensions and New Opportunities, Chem. Rev. 117, 7428-7456. • Lecture notes.

1	**Module name** 46282	**Applied Micro- and Nanostructure Research** Applied micro- and nanostructure research	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Kernfachpraktikum Mikro- und Nanostrukturforschung (2 SWS) Praktikum: Practical Course Electron Microscopy II (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Johannes Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	Practical introduction, application and hands-on experience of TEM and SEM techniques for materials characterization. Recommended is the assignment to the module "Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology. The practical courses is organized as follows: Practical Course Electron Microscopy I (WS): 3 days of practical course "as block during the first week of the semester break in February Practical Course Electron Microscopy II (SS): 4 days of practical course during the lecture period
6	**Learning objectives and skills**	**The studentswill gain** deeper knowledge and understanding of fundamentals of electron microscopy techniques **Applications** Hands-on experience on SEM and TEM instruments Application of advanced microcopy techniques Evaluieren (Beurteilen) Fundamentals of image and data analysis
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	Practical course descriptions Lecture notes Transmission Electron Microscopy in Material Science I & II Lecture notes Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology

1	**Module name** 46281	**Fundamentals of Micro- and Nanostructure Research** Fundamentals of micro- and nanostructure research	**10 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Transmission Electron Microsopy in Material Science 2 (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science I (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science II (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr. Mingjian Wu Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Johannes Will Dr. Stefanie Rechberger	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module deals with the fundamentals of micro- and nanostructure research with the focus on todays state-of-the art capabilities of transmission electron microscopy in the investigation of materials down to the atomic scale. The module begins with the basic physics of fast electrons, their generation and guidance by electromagnetic fields and their interaction with matter in the specimen and the detector. Afterwards various imaging (BF, DF, HRTEM, STEM), diffraction (ED, CBED), spectroscopic (EDXS, EELS, EFTEM) and 3D (ET) techniques including their applications to current research topics will be introduced. The aim is always to give insight into both the contrast mechanisms and physics of as well as the achievable information delivered by the different techniques.
6	**Learning objectives and skills**	**The students acquire specialist skills** • Basic concepts of the interaction of fast electrons with matter • Introduction of TEM components and their functionality • Knowledge about the application of high resolution techniques for nanomaterials • Verstehen • In-depth understanding of microscopy techniques for micro- and nanostructure research • In-depth understanding of basic and advanced imaging, diffraction and spectroscopic TEM techniques and their application to material science **Application** • Hands-on-training on modern analysis software for EM applications • Each topic will be accompanied with suitable exercises • analyze • Insight into the structure property relationship of materials
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	• Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis; • Williams & Carter: Transmission Electron Microscopy; • Reimer & Kohl: Transmission Electron Microscopy; • Fultz & Howe: Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials; • Reimer: Transmission Electron Microscopy; • De Graef: Introduction to Conventional Transmission Electron Microscopy; • Reimer: Scanning Electron Microscopy; • P. Haasen: Physikalische Metallkunde; • G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde; • J. M. Cowley: Diffraction Physics

1	**Module name** 46283	**Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology** Scanning electron microscopy in materials science and nanotechnology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Thomas Przybilla Dr. Johannes Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the introduction to and application of Scanning Electron Microscopy (SEM) in Materials Science and Nanotechnology and comprises a lecture with corresponding exercises. Amongst others, the following topics are addressed: • Components of an SEM instrument • Elastic/inelastic electron-probe/sample interactions, interaction volume, generation of secondary and backscattered electrons • Contrast mechanisms of different detector systems • Topographic und chemically-sensitive imaging • Electron diffraction and its application in SEM • Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM) • Quantitative X-ray spectroscopy • Focused ion beams (Dual-Beam FIB, He-ion microscopy) **Preparation-specific challenges** Application examples Specific topics are accompanied with suitable exercises (e.g. Monte-Carlo simulations to simulate electron trajectories).
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • professional competence • knowledge • Introduction to the basic concepts of and physics behind SEM **Understanding** Overview over applications and deeper understanding of SEM and FIB techniques in materials science on the micro- and nanoscale Enhancement of knowledge through teaching of current SEM applications and state-of-the-art developments in research **Application** Application and consolidation of taught contents by SEM-related exercises
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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**	Reimer, Scanning Electron Microscopy, Springer Verlag. Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis Goldstein et al., Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis (2003) N. Yao, Focused Ion Beam Systems, Basics and Applications, Cambridge University Press, 2010. L.A. Gianuzzi, F.A. Stevie, Introduction to Focused Ion Beams. Instrumentation, Theory, Techniques and Practice, Springer, 2005. J. Orloff, M. Utlaut, L. Swanson, High Resolution Focused Ion Beams: FIB and its Applications, Springer, 2003 Lecture notes.

1	**Module name** 46285	**Scattering Methods for Nanostructured Materials** Scattering methods for nanostructured materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Scattering Methods for Nanostructured Materials (2 SWS) Übung: Exercise Scattering Methods for Nanostructured Materials (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Will Prof. Dr. Erdmann Spiecker	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the application of scattering methods for crystal structure determination in general (diffraction), the investigation of supported nanostructures and thin films (grazing incidence diffraction and reflectometry) and for the size and shape analysis of nanostructures in solution (small-angle scattering). Basic concepts of Fourier transforms will be applied to the interaction of a primary probe with a periodically ordered object. Moreover, the impact of multiple scattering events on the diffracted intensity and its angular dependence will be discussed in a unified model for neutrons, x-rays and electrons. Those theoretical considerations will built the basis for the understanding of the methods named above. For all methods, current published research examples will be showcased.
6	**Learning objectives and skills**	**The students** Unterstanding professional competences Basics of Fourier transform and convolution Understanding of the interaction of neutrons, x-rays and electrons with atoms and their arrays Physical principles of the interaction of a scattering probe with an extended crystalline lattice Understanding how scattering methods contribute and which kind of information can be extracted for todays challenges in material science **Appliation** Each topic will be accompanied with suitable exercises
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral
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**	• D.S. Sivia: Elementary Scattering Theory • B.E. Warren: X-ray Diffraction • J. M. Cowley: Diffraction Physics • A. Authier: Dynamical Scattering Theory • Als-Nielsen & McMorrow: Elements of modern X-ray physics • J. Daillant and A. Gibaud: X.ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications • Renaud et al. 2009, Probing surface and interface morphology with Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering, Surface Science Reports 64, 255-380. • Rivnay et al. 2012, Quantitative Determination of Organic Semiconductor Microstructure from the Molecular to Device Scale, Chem. Rev. 112, 5488-5519.

Elective

1	**Module name** 46284	**3D Characterization in Materials Science** 3D characterization in materials science	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the application of 3D characterization methods in materials science. Techniques on different length scales (meters down to angstroms) using different probes (e.g. visible light, X-rays, electrons) are covered. The aim of this module is to give an overview over available techniques, to teach the underlying physical principles and to point out specific advantages, challenges and limits, demonstrated on recent research examples. Focal topics are transmission tomography methods on the nano- and microscale, namely high-resolution X-ray computed tomography (Nano-CT) and electron tomography. Sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction, data handling and analysis are taught in both the lecture and the practical course. The theoretical background of 3D reconstruction techniques for transmission tomography is also part of the lecture.
6	**Learning objectives and skills**	**Professional competence** **Knowledge** Overview over 3D characterization techniques on different length scales using different probes, demonstrated on recent research examples **Understanding** Understand the underlying physical principles and specific advantages, challenges and limits of different 3D techniques in materials science **Analyzing** Learn theoretical and practical aspects of sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction and analysis of transmission tomography on the nanoscale
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) ---------- currently taking an oral exam (15 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**	english
16	**Bibliography**	• G. Hübschen, I. Altpeter, ... H.-G. Herrmann: Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods. Elsevier. • J. Frank: Electron Tomography - Methods For Three-Dimensional Visualization of Structures in the Cell. Springer. • T. M. Buzug: Computed Tomography. Springer. • Burnett et al. 2014, Correlative Tomography, Scientific Reports 4, 4711. • Hauser et al. 2017, Correlative Super-Resolution Microscopy: New Dimensions and New Opportunities, Chem. Rev. 117, 7428-7456. • Lecture notes.

1	**Module name** 46213	**Additive Fertigung** Additive Manufacturing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• basis of additive manufacturing • methods of additive manufacturing • material phenomena in additive manufaturing • epitaxiale solidification • cracking • characterization of additively manufactured components • alloy development for additive manufacturing • practical work in the field of additive manufacturing
6	**Learning objectives and skills**	The students: • are able to classify the different methods of additive manufacturing • recognize the technical challenges in additive manufacturing and investment casting • recognize the special features of additive manufacturing in terms of microstructure and component properties • penetrate the solidification processes in additive manufacturing • learn to work together with others in a goal-oriented mann in practical group work
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 minutes)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46265	**Advanced applications: Biofabrication and Drug Delivery** Advanced applications: Biofabrication and drug delivery	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum "Biofabrication and Drug Delivery" (0 SWS) Vorlesung: Biofabrikation (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr.-Ing. Rainer Detsch	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Vorlesung Biofabrikation* • Anwendungsfelder Additive Fertigung- Grundprinzip • Aufbau und Funktionsweise eines 3D Druckers • Unterschiedliche Systeme des 3D Druckens • Anforderungen an Biotinten • Eigenschaften synthetischer und natürlicher Biotinten • Synthese und Vernetzungsmechanismen von Hydrogelen • mechanische und chemische Charakterisierung der Biotinte • Zell-Drucken und Zell-Reifung • Verschiedene Anwendungen der Biofabrikation: Organ on a Chip und Gewebeanaloga *Praktikum "Drug Delivery Systeme"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Hydrogele *Prakikum "3D Drucken"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Additive Fertigung von Biopolymeren: 3D Extrusionsdrucken von Polycaprolacton und Alginat |*Content:*| *Lecture Biofabrication* • Application fields Additive Manufacturing- basic principle • Setup and operating principle of 3D printer • Different systems of 3D printing • Requirements for bioinks • Properties of synthetic and natural bioinks • Synthesis and cross-linking of hydrogels • Mechanical and chemical characterisation of bioinks • Cell-printing and cell-maturation • Different applications of biofabricaation: Organ on a Chip and tissue analogs *Practical "Drug Delivery Systems":* Experimental work to consolidate the content oft he lecture course hydrogels *Practical "3D Printing":* Experimental work to consolidate the content of the lecture course Additive Manufacturing of Biopolymers: 3D Extrusion printing of Polycaprolacton and Alginate
6	**Learning objectives and skills**	* Biofabrikation* Die Studierenden • erfassen die Wichtigkeit verschiedener Konzepte im Bereich der Biofabrikation.

		• lernen physikalische/chemische Grundlagen von Hydrogelen, Zellen-Gewebe und 3D Drucken.
		• versehen der Interaktion von Biotinte, 3D Drucken und Zellen
		• verstehen der Mechanismen der 3D Generierung: |Organ on a Chip bis hin zu Gewebeanaloga|
		Praktikum Drug-Delivery-Systeme
		Die Studierenden
		•
		  ° lernen das sterile Arbeiten, Pipettieren und Mikroskopieren.
		  ° verstehen die Freisetzungskinetik von Drug-Delivery-Systemen.
		  ° haben einen Überblick über Methoden der Herstellung und Charakterisierung von Mikrokapseln im Hinblick auf die biomedizinische Anwendung.
		  ° grasp the importance of the different concepts in the area of biofabrication.
		  ° learn physical/chemical fundamentals on hydrogels, cells-tissues and 3D printing.
		  ° understand the interaction between bioinks, 3D printing and cells
		  ° understand the mechanisms of 3D generation: from Organ on a Chip to tissue analogs
		  ° understand the importance of polymeric materials for biofabrication processes *Practical 3D-Printing* The students learn to work in sterile conditions, using a pipette and microscope. understand the release kinetics of drug-delivery-systems. get an overview on fabrication and characterisation methods of microcapsules in regards of biomedical applications.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable (45 minutes) derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	*Biofabrikation/Biofabrication* • Moroni, L., et al. (2018). "Biofabrication: A Guide to Technology and Terminology. Trends in Biotechnology. • Groll, J., et al. (2018). "A definition of bioinks and their distinction from biomaterial inks. Biofabrication, 11(1) • Valot, L., Martinez, J., Mehdi, A., and Subra, G. (2019). "Chemical insights into bioinks for 3D printing. Chemical Society Reviews, 48(15), 40494086. • Yi, H.-G., Lee, H., and Cho, D.-W. (2017). "3D Printing of Organs-On-Chips. Bioengineering, 4(4), 10. *Drug-Delivery-Systeme/Drug-Delivery-Systems* • Augst, A. D., Kong, H. J., and Mooney, D. J. (2006). "Alginate hydrogels as biomaterials. Macromolecular bioscience, 6(8), 623633. • Smidsrød O, Skjåk-Braek G. (1990) "Alginate as immobilization matrix for cells. Trends Biotechnol.;8(3):71-8. • Productinformation: Bradford Reagent, Prod.No. B6916, Sigma * 3D Drucken/3D Printing* • Liaw, C. Y., and Guvendiren, M. (2017). "Current and emerging applications of 3D printing in medicine. Biofabrication. • Chia, H. N., and Wu, B. M. (2015). "Recent advances in 3D printing of biomaterials. Journal of Biological Engineering, 9(1), 4.

1	**Module name** 46266	**Advanced applications: Composites and Surfaces** Advanced applications: Composites and surfaces	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini
5	**Contents**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik* • Vorteile von Verbundwerkstoffen als Werkstoffe in der Medizin • Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen • Beispiele für Verbundwerkstoffe und deren Einsatz in der Medizintechnik • Bedeutung der Nanomaterialien in der Medizintechnik • Charakterisierung von Nanomaterialien • Nanoteilchen, Nanotubes • Zelltoxizität und Grenzen des Einsatzes von Nanoteilchen in der Medizintechnik • Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Nanoteilchen • Kolloidale Prozesse und Funktionalisierung von Nanoteilchen • Herstellung von Nanoteilchen auf der Bioroute • Biogene Nanopartikel • "Green Chemistry" für die Herstellung von Nanoteilchen • Ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Nanobiomedizin. *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine* This course introduces the basics of chemistry and physics of surfaces including characterization methods for biomaterial surfaces. Surface properties which are relevant for protein and cell attachment are discussed. Fundamentals of protein and protein adsorption on biomaterials are presented as well as the effect of chemical composition, topography, hydrophobic and hydrophilic surfaces, stiffness of the biomaterial and ion release effects from the biomaterial on cell attachment and success of the implanted material in general. The lecture also gives surface modification strategies for implants and scaffolds including biomedical coatings and bioactive surfaces. The course covers also functionalization strategies for biomaterials. Protein adsorption mechanisms and the basics of the interaction between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered. Protein adsorption mechanisms and the basics of the interaction between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered. *Dentale Biomaterialien* • Aufbau der Zähne • Zahnkrankheiten • Biomechanik • Dentale Konstruktionslehre, Präparation • Zemente & Polymere • Befestigung am Zahn • Befestigung am Substrat

		• Implantate • digitaler Workflow, klinische Fraktografie • Mechanische Eigenschaften & Prüfung • Dentalkeramik |*Content:*| *Composite materials and nanomaterials in medical technology* • Advantages of composites as materials for medicine • Microstructure-property-correlation in composites • Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen • Examples of composites and their usage in medical technology • Importance of nanomaterials in medical technology • Characterisation of nanomaterials • Nanoparticles, nanotubes • Cell toxicity and limitations of use of nanoparticles in medical technology • Sol-gel-processes for fabrication of nanoparticles • Colloidal processes and functionalization of nanoparticles • Production of nanoparticles using the bio-route • Biogenic nanoparticles • "Green chemistry" for the synthesis of nanoparticles • Selected examples from the area of nanobiomedicine *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:* see above *Dental Biomaterials* • Structure of teeth • Tooth diseases • Biomechanics • Dental design theory, preparation • Cements & polymers • Attachment on teeth • Attachment on substrate • Implants • Digital workflow, clinical fractography • Mechanical properties and examination • Dental ceramics
6	**Learning objectives and skills**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik* Die Studierenden • gewinnen einen Überblick über die aktuell und zukünftig in der Medizintechnik eingesetzten Nanomaterialien. • kennen spezifische Eigenschaften, Anwendungen und Vorteile von Nanokompositen. • verstehen die Zusammensetzung und Entwicklung solcher Verbundwerkstoffe für die Medizintechnik in Anwendungen wie Beschichtungen, Scaffolds, Drug-Delivery Systeme und antimikrobielle Oberflächen. *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:* see below *Dentale Biomaterialien*

Die Studierenden

- kennen den Aufbau und die Struktur von Zähnen und die daraus abgeleiteten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.
- kennen die Struktur und die Zusammensetzung dentaler Biomaterialien wie hochgefüllte Polymere, Dentalkeramiken oder Titanimplantate.
- verstehen die relevanten Krankheitsbilder, die zum Zahnverlust führen können und bekommen Einblick in die Kariesätiologie.
- entwickeln das Verständnis für die Prinzipien dentaler Konstruktionslehre (Kavitätenpräparation) im Hinblick auf die unterschiedlichen Restaurationsmaterialien und Befestigungstechniken.
- klassifizieren die Prinzipen der dentalen Befestigungstechnik und speziell der adhäsiven Klebetechnik.
- können den Unterschied zwischen direkter, plastischer Füllungstherapie und indirekten, prothetischen Restaurationen diskutieren.
- sind in der Lage dentale Biomaterialien, anwendungsspezifisch hinsichtlich mechanischer, physikalischer, chemischer und biologischer Eignung zu untersuchen.

|*Educational objectives and competences:*|

Composite Materials and Nanomaterials in Medical Technology

The students

- obtain an overview on the current and future nanomaterials used in medical technology.
- know specific properties, applications and advantages of nanocomposites.
- understand the composition and development of such composite materials for medical technology for applications such as coatings, scaffolds, drug-delivery systems and antimicrobial surfaces

Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine

The students

- learn the basics of different aspects of interfaces of biomaterials. In particular, focus will be placed on the interaction between different biomaterials (polymers, metals, ceramics) with the physiological fluids and the surrounding tissue.
- can apply their knowledge in order to judge the success of the different biomaterials and to optimize the surface properties for specific applications
- know and can explain methods of surface characterization.

Dental biomaterials

The students

		• know the structure of a tooth and their mechanical and physical properties. • understand the structure and the composition of dental biomaterials, such as highly filled polymers, dental ceramics or titanium implants. • understand the relevant clinical pictures, which lead to tooth loss, and an insight into the etiology of caries formation. • develop an understanding for the principles of dental design theory (Cavity preparation) with view to the different restoration materials and fixation techniques, • classify the principles of dental fixation techniques, in particular the adhesive technique. • can discuss the difference between direct, plastic restorative therapy and indirect, prosthetic restorations. • are able to examine dental biomaterials from a user specific standpoint regarding mechanical, physical, chemical and biological suitability.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Biomaterials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	english
16	**Bibliography**	*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik/ Composites and nanomaterials in medical technology* • Ambrosio (ed.): Biomedical composites; Oxford, 2010 • Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 2009 *Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine* • Biomaterials Science, 2nd ed., B. D Ratner et al. (eds.), Elsevier, 2004. • Surface Modification of Biomaterials: Methods analysis and applications, R. Williams (ed.), Woodhead Publishing, 2010

		Further recommended reading will be announced in the lectures. *Dentale Biomaterialien/Dental Biomaterials* • Rosentritt M., Ilie N., Lohbauer U. Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Thieme Verlag. 2018 (ISBN 978-3-1324-0123-5)

1	**Module name** 46288	**Advanced Corrosion Science** Advanced corrosion science	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Corrosion Science (2 SWS) Praktikum: Advanced Corrosion Science (Praktikum) (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Michael Strebl	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	**Contents**	Recap of fundamental background in electrochemistry and corrosion Introduction to advanced methods in corrosion science: Electrochemical methods (Polarization curve, EIS, EC noise) Local techniques (SVET, SKP, SIET, LEIS) Non electrochemical techniques: Respirometry, mass loss, solution analysis, resitance method Surface analysis (SEM, TEM, EDX, XPS, Auger, ToF SIMS, GDOES, atom probe analysis) Discussion of current issues in corrosion science: Biodegradable metals Passive films und localized corrosion Atmospheric corrosion Corrosion in nuclear waste repositories Corrosion of advanced materials: AM, BMG, high entropy alloys und ultrafine-grained materials Drinking water corrosion, microbially induced corrosion, cathodic protection Inhibitors und smart coatings Mg und Al corrosion Corrosion Modelling, DFT (Corrosion in) Electrochemical energy storage and conversion Corrosion failure case studies and analysis: Discussion of the conditions and mechanisms that led to corrosion failure based on observations and experimental evidence and derivation of a solution to the problem.
6	**Learning objectives and skills**	The students are able to: • Identify, distinguish, and explain corrosion mechanism and different forms of corrosion. • Illustrate and explain electrochemical, local, non-electrochemical and surface analysis methods that are used in corrosion science. • Interpret results of the characterisation methods described above • Explain the different concepts of smart coatings and self-healing coatings including triggers and release mechanisms of inhibitors. • Present the details that play a role atmospheric corrosion processes like salts, relative humidity, electrolyte film

		thickness, time of wetness, influence of gases, wet dry cycling and corrosion product formation. • Explain different test methods for atmospheric corrosion, like lab exposure, accelerated corrosion tests and field exposure tests. • Discuss special features in the corrosion mechanisms of Mg and Al alloys (anomalous H2 evolution). • Review different mechanisms of localized corrosion and explain the significance of pit initiation and pit growth, critical pitting potential, critical pitting temperature and repassivation in localized corrosion. • Explain cathodic and anodic paint disbonding or delamination and how it can be studied using SKP. • Assess findings of scientific investigations of corrosion failure, determine corrosion mechanisms that lead to the corrosion issue and develop a concept for solving the corrosion problem. • Explain mechanisms of different types of corrosion inhibitors. • Summarize corrosion properties of advanced materials like high entropy alloys, bulk metallic glasses, additive manufactured materials or ultrafine-grained materials. • Describe corrosion related aspects of nuclear waste storage and the influence of radiation on corrosion. • Compare different types of metals in their applicability as a biodegradable metal and explain surface treatments to control the degradation behavior. • Understand the complexity of simulated body fluids and possible discrepancy between in vitro and in vivo experiments. • Describe mechanisms of microbially induced corrosion, dezincification. • Explain cathodic protection strategies by sacrificial anodes and impressed current cathodic protection.
7	**Prerequisites**	It is recommended to hear the lecture "Korrosion und Oberflächentechnik (Bachelor program materials science and engineering, 5th Semester) for the participation in this module.
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Minuten) currently taking an oral exam (15 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**	Recommended literature will be provided during the course of the lecture.

1	**Module name** 46257	**Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems I - Fundamentals** Advanced semiconductor technologies - Photovoltaic systems I - Fundamentals	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems for Power Generation - Design Implementation and Characterization (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will introduce into the fundamentals of photovoltaic energy conversion. The conversion of light into electricity is one of the most efficient power technologies by today and is expected to transform our energy system towards a renewable scenario. The limits of photovoltaic energy conversion, the materials and architectures of major PV technologies and advanced characterization methods for modules as well as solar fields will be introduced theoretically and experimentally during the lecture, a seminar and the lab works.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will learn the concept of black body radiation and the radiation laws and the limits of light energy conversion. The fundamental semiconductor junctions (p-n, M-i-M, Shottky and Hetero Junction are repeated. The one diode and two diodes replacement circuits are explained . Electrical, optical, recombination and extraction loss mechanisms are discussed separately and demonstrated at the hand of numerical drift-diffusion equation solvers. The most important solar cell concepts (Si, CIGS, CdTe, GaAs, Perovksites, Organics) are introduced, and the strengths and weaknesses of each technology are analysed. • Characterization of Photovoltaic Modules will trained by flashed measurements in the lab. Defect imaging methods like DLIT, EL or PL imaging will be trained at the hand of module installations in Erlangen.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable

		Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, graded, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0%
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (examination number: 62571) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46256	**Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Semiconductors III - Processing** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors III: Processing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Solution Processed Electronics (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will introduce into the specifics of electronic transport in disordered semiconductors as compared to inorganic semiconductors. As a consequence of the transport properties, quite unique device architectures are developed for disordered semiconductor devices. As a prototype representative, organic semiconductor devices (organic solar cells and LEDs) are discussed in more detail.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will learn the major electronic transport models for disordered semiconductors. Marcus theory is introduced to describe charge migration. The Gaussian Disorder Modell is introduced to derive the temperature and field dependence of mobility and conductivity. • Organic LEDs are one of the leading display technologies nowadays. Materials concepts for OLEDs, recombination of singlet and triplet populations, energy transfer, device architecture and production aspects are discussed Organic Photovoltaics is an emerging PV Technology. The leading materials concepts and composites for OPV are bilayer and bulk heterojunction concepts, charge generation and charge recombination is discussed as a function of microstructure. • Single junction and tandem junction architectures are analysed, steady state and transient measurement methods are introduced to characterize such devices. • Processing and characterization of organic, perovskite, etc solar cells, LEDs , displays or X-Ray detectors will be trained in the lab work.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar.
10	**Method of examination**	Variable **Studien-/Prüfungsleistungen:** Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing (Prüfungsnummer: 62561) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 20, graded, 5 ECTS **Associated courses:** • Lab Work Solution Processed Electronics • Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications further explanations: Oral examination and report from lab work Language of examination: German or English first examination: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 1. examiner: Christoph J. Brabec, | 2. Prüfer: Andres Osvet
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %

		Oral examination determines the grade of the module. The LabWork should be accepted by the direct supervisor.
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 50 h Independent study: 100 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Will be presented in the StudOn page of the course

1	**Module name** 46255	**Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors II: Processing	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing) (2 SWS)	3 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Hans-Joachim Egelhaaf	

4	**Module coordinator**	Hans-Joachim Egelhaaf
5	**Contents**	**Lecture / Exercise / Lab work** The lecture will give an introduction to coating and printing technologies for the manufacturing of (opto-)electronic devices by solution processing. Special emphasis will be on upscaling from lab scale devices to large area commercial products. The fundamentals of the different technologies as well as their application for the manufacturing of active layers, transparent electrodes and transparent barriers will be described in detail. Exercises will provide a more quantitative approach to thin film processing while lab work will allow hands on experience of the lecture content.
6	**Learning objectives and skills**	• The students will be introduced to the inventory of printing, coating and patterning technologies available for the solution processing of organic, hybrid and inorganic (opto-)electronic devices (FETs, LEDs, solar cells and photodetectors) and its application to the manufacturing of organic, perovskite and quantum dot devices. • After discussing the fundamentals of wet film deposition (wetting, viscosity, drying), the working principles and application ranges of coating (spin coating, doctor blading, slot die coating), printing (letter press, gravure, flexo, screen, ink jet printing) as well as of patterning techniques (printing, scratching, laser ablation) will be introduced. • The specific requirements of "printed electronics will be introduced and compared to those of "silicon based electronics on one hand and "visual printing on the other hand. • The students will learn how to manufacture transparent electrodes (thin metal films, finger electrodes, nanowire meshes, transparent conductive oxides), active layers (bulk heterojunctions, perovskite films, nanoparticle layers), and barriers from the respective inks. They will also learn how to decide for the appropriate coating/printing technology. The inventory of materials for printed electronics will be presented and concepts for rational development of inks from these materials (Hansen solubility theory) will be introduced.

		• Exercises will teach the students to base their decisions for materials, coating/printing technologies and patterning methods on quantitative considerations. These will include the calculation of resistance losses in transparent electrodes, of the viscosities and surface tensions of inks as well as of the water vapor transmission rates of barriers. • Deposition and patterning of electrodes, active layers, and barriers for organic or perovskite solar cells will be trained in the lab work.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Usability of the module / integration into the sample curriculum: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing) This module can also be used in the subjects "Nanotechnology (Master of Science)".
10	**Method of examination**	Variable

		Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing (examination number: 62551) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, graded, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0% **Associated courses:** • Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors • Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing - 1 experiment / 20 pages report) 1. examiner: Christoph J. Brabec
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 67 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46254	**Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors I: Materials - Nanocrystals** Advanced semiconductor technologies: Solution processed semiconductors I: Materials - nanocrystals	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kolloidale Nanokristalle (2 SWS) Seminar: Seminar über "Solution Processed Semiconductors" (2 SWS) Praktikum: Advanced Semiconductor Technologies - Synthesis of Carbon Quantum Dots (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Advanced Semiconductor Technologies - Materials for Organic Electronics (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Wolfgang Heiß Prof. Dr. Marcus Halik	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	**Contents**	Lecture / Seminar / Lab work Applications of colloidal nanocrystal materials Growth models to describe nucleation, growth and ripening of nanocrystals Optical properties of quantum dot materials Colloidal nanocrystals operating in the infrared Perovskite based colloidal nanocrystals Devices based on colloidal nanocrystals Topological insulators and two-dimensional materials Synthetic routes towards colloidal nanocrystals Fundamentals of charge transport and optical properties of conjugated polymers Organic semiconductor materials Fundamentals of carbon allotropes
6	**Learning objectives and skills**	Obtaining a detailed understanding of the physics and chemistry of semiconductor nanocrystals Understanding and practically performing the synthesis of a colloidal semiconductor material Independent development and presentation of new research results from the literature on the topic of solution processed semiconductors Understanding of special optical processes in semiconductor nanocrystals Knowledge of nanocrystal applications in devices Understanding fundamentals of organic semiconductors and carbon allotropes
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable

8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Examination performance, oral examination, duration (in minutes): 15, benotet, 5 ECTS Share in the calculation of the module grade: 100.0 % Related Lab Work - 1 experiment / 20 pages report
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571) Share in the calculation of the module grade: 100.0 %
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**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46244	**Anwendungen von Polymeren I** Applications of polymers I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymer- verpackungen und elastomerer Werkstoffe, • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen und Elastomeren • Einfluss des chemischen Aufbaus auf die relevanten Eigenschaften in der Anwendung • Wissensvermittlung zu dem Einfluss der Morphologie auf die relevanten Eigenschaften in der An- wendung • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen • praktische Anwendung in der Analyse von mit unterschiedlichen Parametern gefertigter Teil **English** Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer- packaging and elastomeric materials, - production and property profile of thin polymer films and elastomers - Influence of the chemical structure on the relevant properties in the application - Knowledge transfer on the influence of morphology on the relevant properties in application application - interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials - practical application in the analysis of parts manufactured with different parameters
6	**Learning objectives and skills**	• kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten von Fertigungs-/ Analyseprozessen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. **English**

		- know essential applications and development fields - identify strengths and weaknesses of different processes and material solutions - describe essential structure-property relationships - analyze and evaluate measurement data from manufacturing/analysis processes - classify their own results.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 0 h Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46245	**Anwendungen von Polymeren II** Applications of polymers II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Basics of six-Sigma - Tool to improved processes in Industry (1 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Polymer Materials for Medical Applications (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Polymers - Aplications II (1 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymeren in der Medizintechnik, • Einfluss des chemischen Aufbaus auf die relevanten Eigenschaften in der medizinischen Anwendung • Wissensvermittlung zu dem Einfluss der Morphologie auf die relevanten Eigenschaften in der medizinischen Anwendung Prozesse basierend auf qualifizierter Beobachtung und statistischer Analyse • Strategien zur Analyse und Verbesserung beliebiger Prozesse • Anwendung des Wissens in dem Praktikum • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymers in medical technology, • Influence of the chemical structure on the relevant properties in medical application • Knowledge transfer on the influence of morphology on the relevant properties in medical application Processes based on qualified observation and statistical analysis • Strategies for analysis and improvement of any process • application of the knowledge in the practical course • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder aus den genannten Themenfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten aus Experimentem • stufen die eigenen Ergebnisse ein.

		• haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethodiken gewonnen **English** The students • know essential applications and development fields from the mentioned topics • identify strengths and weaknesses of different processes and material solutions • describe essential structure-property relationships • analyze and evaluate measurement data from experiments • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 95380	**Karosseriebau - Warumumformung und Korrosionsschutz** Body construction - Product forming and corrosion protection	**2,5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Karosseriebau - Warmumformung und Korrosionsschutz (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Peter Feuser Prof. Dr. Paul Dick	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein
5	**Contents**	Die Entwicklung neuer, hochfester Stahlbleche für den Karosseriebau erfordert eine Anpassung der Umformprozesse. Es werden die Grundlagen der Warmumformung behandelt und deren Prozesskette von der Machbarkeitsanalyse bis hin zum Fertigungsprozess dargestellt. Dabei werden u. a. die Fertigungstechnologien für den Prototypenbau und die Serienproduktion vorgestellt. Als letzten Produktionsschritt werden Möglichkeiten zum Korrosionsschutz für die Karosserie und warmumgeformte Bauteile erläutert. Abschließend wird die Prototypen- und Serienfertigung für das Warmumformen bei einer Exkursion zu einem Serienlieferanten von warmumgeformten Bauteilen live erlebt. AutoForm Workshop Ab dem Wintersemester 15/16 wird im Rahmen des Moduls ein zweitägiger AutoForm Workshop integriert. AutoForm ist ein konventionelles Simulationsprogramm aus dem Bereich der Blechumformung, welches vor allem in der Automobilindustrie sehr häufig eingesetzt wird. Im Rahmen des Workshops wird der grundlegende Umgang mit der Simulationssoftware durch Mitarbeiter der Firma AutoForm vermittelt. Neben theoretischen Schulungsanteilen ist ausreichend Zeit dafür vorgesehen, in Partnerarbeit eigenständig Umformsimulationen (Kalt- und Warmumformung) und Auswertungen durchzuführen. Als Demonstratorbauteil dient ein reales Karosseriebauteil der aktuellen C-Klasse. Der Inhalt des Workshops ist klausurrelevant.
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden erwerben Wissen über Warmumformung von Blechen und deren Einsatz in der Industrie. • Die Studierenden erwerben Wissen über Korrosionsschutz im Automobilbau, dessen Funktion und mittels welcher Prozesse dieser aufgebracht werden kann. Anwenden • Die Studierenden lernen das Wissen auf spezifische Problemstellungen zu übertragen.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

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** 95370	**Karosseriebau - Werkzeugtechnik** Body construction - Tool technology	**2,5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein
5	**Contents**	Es wird die Prozesskette der Blechteilerstellung für den Karosseriebau dargestellt. Nach der ersten Machbarkeitsanalyse der Bauteile durch Umformsimulation und Prototypenbau folgt letztendlich die Serienfertigung. Dabei stehen insbesondere die Werkzeugtechnik im Fokus, sowie der stückzahlgerechte Werkzeugbau in der Prototypenphase und der Aufbau robuster Serienwerkzeuge. Zur Vorlesung gehört darüber hinaus eine Exkursion zum PT- und Serienwerkzeugbau der Mercedes Car Group in Sindelfingen.
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozesskette, die von der Idee zur Serienfertigung durchlaufen wird. Evaluieren (Beurteilen) • Die Studierenden sind in der Lage Bauteilanforderungen anhand des Einsatzbereichs zu evaluieren.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
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**	

1	**Module name** 97080	**Informatik für Ingenieure I** Computer science for engineers I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Informatik für Ing. I (2 SWS) Vorlesung: Informatik für Ing. I (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Tobias Baumeister	

4	**Module coordinator**	Tobias Baumeister
5	**Contents**	In der *Vorlesung* soll Studierenden der Ingenieurwissenschaft (inbes. Maschinenbau) der notwendige Einblick in Konzepte und Methoden der Informatik geben werden, um dadurch ein allgemeines Verständnis zu vermitteln. Das Ziel der Vorlesung liegt darin, aus unterschiedlichsten Bereichen die elementarsten Konzepte vorzustellen. Inhaltlich wird dabei bei der Schaltalgebra und der Architektur von Rechnern angefangen, anschließend werden die Grundlagen von Betriebs-, Kommunikations-, verteilten und Datenbanksystemen behandelt. Häufig benötigte Programm- und Datenstrukturen werden in diesem Rahmen ebenfalls vorgestellt. Hinweis: Die Vorlesung ist *keine* Programmiervorlesung zum Erlernen einer neuen Programmiersprache. In den Übungen wird jedoch die ein oder andere zu programmierende Aufgabe gestellt werden. Folgende Themenbereiche werden schwerpunktmäßig behandelt: Teil 1: Grundlagen - Informationsdarstellung - Schaltalgebra - Grundbausteine eines Computers - Der klassische Universalrechenautomat - Funktionsweise von Speichergeräten - Maschinensprache und Assembler Teil 2: Betriebssysteme - Prozesse - Speicherverwaltung - Verklemmungen Teil 3: Programmiersprachen - Imperative und funktionale Sprachen - Objektorientierte Programmierung Teil 4: Algorithmen und Datenstrukturen - Komplexitätstheorie - Felder und Listen - Bäume - Gestreute Speicherung (Hashing) - Suchen und Sortieren Teil 5: Datenbanksysteme - Einführung von Datenbankystemen - Entity-Relationship-Modell - Das relationale Datenmodell - Datenbankanfragen (SQL) - Transaktionskonzept Teil 6: Verteilte Systeme und Kommunikationssysteme

		Verteilte Systeme - Das Client-Server-Modell - Nachrichtenaustausch (Message Passing) - Fernaufruf (Remote Procedure Call, RPC) - Middleware: Infrastruktur für Client und Server - Komponentenmodelle Kommunikationssysteme - Formen von Kommunikationssystemen - Referenzmodelle In den *Übungen* wird der Stoff der Vorlesung vertieft und durch die Bearbeitung von Übungsaufgaben veranschaulicht. Teilgebiete des Vorlesungsstoffes werden durch praktische Aufgaben dargestellt, die selbstständig durch Studenten erarbeitet werden.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden... • bewerten verschiedene Möglichkeiten der Informationsdarstellung • kennen den grundsätzlichen Aufbau eines Computers • analysieren einfache logische Schaltungen • charakterisieren die im Modul vorgestellten Konzepte von Betriebssystemen • differenzieren die im Modul vorgestellten Konzepte Programmierparadigmen • unterscheiden die im Modul vorgestellten Konzepte Datenstrukturen und Suchalgorithmen • beschreiben die im Modul vorgestellten Konzepte Strategien zum Entwurf effizienter Algorithmen • beschreiben die im Modul vorgestellten Konzepte relationaler Datenbanken • stellen einfache SQL-Anfragen • erklären Referenzmodelle für verteilte und Kommunikationssysteme
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
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**	• GUMM, Heinz Peter ; SOMMER, Manfred: Einführung in die Informatik. München ; Wien : Oldenbourg Verlag, 7. Auflage - ISBN 978-3486581157 • HÄRDER, Theo ; RAHM, Erhard: Datenbanksysteme : Konzepte und Techniken der Implementierung. Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer, 1999 - ISBN 3-540-65040-7 • OTTMANN, Thomas ; WIDMAYER, Peter: Algorithmen und Datenstrukturen. Heidelberg ; Berlin : Spektrum Akademischer Verlag, 2002 - ISBN 978-3827410290 • SILBERSCHATZ, Abraham ; GALVIN, Peter Baer ; GAGNE, Greg: Operating System Concepts. John Wiley & Sons, 2005 - ISBN 978-0471694663

1	**Module name** 46259	**Crystal Growth 1** Crystal growth 1	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Crystal Growth 1 - Wide Bandgap Semiconductors (1 SWS) Vorlesung: Crystal Growth 1 - Fundamentals of Crystal Growth and Semiconductor Technology (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann
5	**Contents**	**Fundamentals of crystal growth and semiconductor technology** • Fundamentals of crystal growth • Basics of silicon semiconductor technology (oxidation, doping by diffusion and ion implantation, etching, metallization, lithography, packaging) • Deepening: Large band gap semiconductors
6	**Learning objectives and skills**	The students acquire in-depth knowledge of material properties and their application in electronic components.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 The module can be used as an elective or compulsory elective in the MWT, NT and ET master's courses.
10	**Method of examination**	Variable Die Vorlesungen des Moduls werden im Format "**Flipped Classroom**" durchgeführt (synchrone Lerneinheiten im Hörsaal & asynchrone Lerneinheiten über Studon: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_3259598 https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_4514743 Die Prüfung findet entweder **mündlich** (15 min) oder als **elektronische Klausur** (30 min) statt.

		Die elektronische Klausur enthält teilweise Multiple Choice Fragen. Es gilt: Jede Antwortmöglichkeit wird bei richtiger Beantwortung mit der zugewiesenen Punktzahl bewertet; falsche Beantwortung geht innerhalb der Frage mit negativen Punkten ein. Es werden alle Punkte der Antwortmöglichkeitenaddiert. Es gibt keine Negativpunkte für falsch markierte Aufgaben. ---------- The lectures of the module are held in the "Flipped Classroom" format (synchronous learning units in the lecture hall & asynchronous learning units via Studon: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_3259598 https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_4514743 The exam takes place either orally (15 min) or as an electronic exam (30 min). The electronic exam partly contains multiple choice questions. The following applies: Each answer option is rated with the assigned number of points if the answer is correct; Incorrect answer goes within the question with negative points. All points of the possible answers are added up. There are no penalties for incorrectly marked tasks.
11	**Grading procedure**	Variable (100%) Die Prüfung findet entweder **mündlich** (15 min) <u>oder</u> als **elektronische Klausur** (30 min) statt. Die elektronische Klausur enthält teilweise Multiple Choice Fragen. Es gilt: Jede Antwortmöglichkeit wird bei richtiger Beantwortung mit der zugewiesenen Punktzahl bewertet; falsche Beantwortung geht innerhalb der Frage mit negativen Punkten ein. Es werden alle Punkte der Antwortmöglichkeiten addiert. Es gibt keine Negativpunkte für falsch markierte Aufgaben. The exam takes place either orally (15 min) or as an electronic exam (30 min). The electronic exam partly contains multiple choice questions. The following applies: Each answer option is rated with the assigned number of points if the answer is correct; Incorrect answer goes within the question with negative points. All points of the possible answers are added up. There are no penalties for incorrectly marked tasks.
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**	S.M. Sze, Semiconductor Devices – Physics and Technology, John Wiley & Sons, Inc. 2002 P. Wellmann, Materialien der Elektronik und Energietechnik – Halbleiter Graphen, Funktionale Materialien, Springer-Vieweg 2015 (1st edition) and 2019 (2nd edition)

1	**Module name** 46262	**Crystal Growth 3** Crystal growth 3	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann
5	**Contents**	• Basics of computer simulation of a crystal growth process • Introduction to the COMSOL Multi-Physics software package • Application of numerical modeling in crystal growth (melt crystallization, solution growth and gas phase growth)
6	**Learning objectives and skills**	• The students acquire in-depth knowledge of the computer simulation of materials science processes (focus: crystallization). • Getting to know digital techniques in materials science, writing technical reports, teamwork
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Practical achievement derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Practical 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** 46239	**Data Science for Electron Microscopy & Machine Learning in Microscopy** Data science for electron microscopy and machine learning in microscopy	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Science for Electron Microscopy (2 SWS) Seminar: Machine Learning in Microscopy (SWS)	2,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Philipp Pelz	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Philipp Pelz
5	**Contents**	Introduction to Data Science & Machine Learning Topics in Microscopy, specifically Electron Microscopy
6	**Learning objectives and skills**	• know different data types in microscopy and basic data processing methods • know essential applications and development fields from the mentioned subject areas • classify their own results. • have gained an understanding of industry-relevant work methods
7	**Prerequisites**	- basic programming skills in Python
8	**Integration in curriculum**	semester: 8
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination (60 minutes) Seminar achievement (30 minutes) derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Written examination (50%) Seminar achievement (50%)
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** 46247	**Wahlmodul Polymere** Elective module polymers	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Polymers - I (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Polymer and Interface Physics in Theory and industrial Application (1 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Polymers - Basics (1 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 1,5 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Schubert	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	• Wissensvermittlung zu Grundlagen, Technologie, Charakterisierung und Anwendungen von Polymerwerkstoffen, Polymerblends und -composites • Herstellung und Eigenschaftsprofil von dünnen Polymerfilmen, Fasern und Nanofasern • Einfluss der Größenskala auf Eigenschaften • Wissensvermittlung zu den Vorgängen an Grenzflächen in polymeren Werkstoffsystemen, Kompatibilität verschiedener Polymere • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** • Knowledge transfer on fundamentals, technology, characterization and applications of polymer materials, polymer blends and composites. • Fabrication and property profile of polymer thin films, fibers and nanofibers • Influence of size scale on properties • knowledge transfer on processes at interfaces in polymeric material systems, compatibility of different polymers • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik Polymere Werkstoffe • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • sind in der Lage, Modifizierungsstrategien für Polymer-werkstoffe in Bezug auf Optimierung von Eigenschaften zu erarbeiten und durchzuführen • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeits-methodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder **English** The students • gain an in-depth insight into the topic of polymer materials

		• acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales) • are able to develop and implement modification strategies for polymer materials with regard to optimization of properties • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable mündliche Prüfung (!5 Min.) oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 861589	**Umformverfahren und Prozesstechnologien** Forming and process technologies	**2,5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Umformverfahren und Prozesstechnologien (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein Michael Lechner	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein
5	**Contents**	Es werden aufbauend auf die im Modul Umformtechnik" behandelten Grundlagen verschiedene Umformverfahren und Prozesstechnologien vertieft. Im Vordergrund stehen Fragestellungen zur Verarbeitung moderner Leichtbaumaterialien, wie hochfeste Stahl-, Aluminium- und Titanwerkstoffe, aber auch Prozesstechnologien wie Tailored Blanks oder Presshärten. Darüber hinaus werden verschiedene Aspekte der numerischen Prozessauslegung sowie aktuelle Trends aus Forschung und Entwicklung, wie beispielsweise Rapid Manufacturing, angesprochen.
6	**Learning objectives and skills**	Wissen • ° Die Studierenden sind in der Lage, das erworbene Wissen anzuwenden um unter Berücksichtigung anforderungsspezifischer Randbedingungen ein geeignetes Umformverfahren auszuwählen und entsprechende Prozesstechnologien einzusetzen. Evaluieren Die Studierenden sind in der Lage den Einsatz verschiedener Umformverfahren und Technologien zu begründen und deren Potential zu bewerten. Die Studierenden können zudem die jeweiligen Prozesse beschreiben und relevante Kenngrößen einordnen.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination (120 minutes) Klausur, Dauer (in Minuten): 60
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** 95150	**Maschinen und Werkzeuge der Umformtechnik** Forming technologies: Machines and tools	**2,5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein
5	**Contents**	Es werden aufbauend auf die in dem Modul Umformtechnik" behandelten Prozesse begrenzt auf die sog. zweite Fertigungsstufe, d.h. Stückgutfertigung - die dafür erforderlichen Umformmaschinen und Werkzeuge vertieft. Im Bereich der Umformmaschinen bilden arbeitsgebundene, kraftgebundene und weggebundene Pressen wie auch die aktuellen Entwicklungen zu Servopressen den Schwerpunkt. In der Thematik der Werkzeuge werden Aspekte wie Werkzeugauslegung, Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugherstellung betrachtet, insbesondere auch Fragen der Lebensdauer, Beanspruchung und Beanspruchbarkeit sowie die Möglichkeiten zur Verschleißminderung und Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit. Dabei werden auch hier neben den Grundlagen auch aktuelle Entwicklungen angesprochen, wie z.B. in Bereichen der Armierung, Werkstoff und Beschichtungssysteme.
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Wissen • ° Die Studierenden können das erworbene Wissen anwenden, um für die Bandbreite umformtechnischer Prozesse (Blech/Massiv, Kalt/Warm) mit den unterschiedlichsten Anforderungen (Bauteilgröße, Geometriekomplexität, Losgröße, Hubzahl, etc.) für den jeweiligen Fall geeignete Maschinen und Werkzeuge auszuwählen. Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden sind in der Lage, die Wirkprinzipien der Maschinen zu beschreiben, zu differenzieren, zu klassifizieren und mit Hilfe von Kenngrößen zu bewerten - Die Studierenden können die getroffene Auswahl an Werkzeugmaschinen und Werkzeugen entsprechend der vermittelten Kriterien begründen bzw. gegenüber Alternativen bewerten und abgrenzen. - Die Studierenden sind in der Lage, Werkzeuggestaltung, Werkzeugwerkstoffauswahl entsprechend den unterschiedlichen Prozessen der Blech- und Massivumformung einzuordnen und zu bewerten
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
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: 30 h Independent study: 45 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	german
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46276	**Foundations of phase field modelling**	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Introduction to Phase Field Simulation (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Materials Simulation with Phase Field (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	Dr. Frank Wendler
5	**Contents**	1. Continuum modeling; 2. Introduction to the phase field method; 3. Advanced materials simulation with the phase field method; 4. Practicals and hands-on activities
6	**Learning objectives and skills**	Students • gain an extensive knowledge of the phase field method, from the more general aspects to the most advanced current applications • become familiar with the theoretical tools of the phase field method • acquire the practical aspects of its numerical implementations, through extensive practical sessions.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46223	**Funktionskeramiken I** Functional ceramics I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics I: electrical properties (2 SWS) Vorlesung: Functional ceramics: I (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Grant Webber	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Funktionskeramik | Dieser Kurs bietet eine Einführung in die Funktionskeramik, einschließlich Abschnitten über dielektrische, piezoelektrische, ferroelektrische und ferroelastische Eigenschaften der Elektrokeramik. Die Konzepte werden mit makroskopischen Materialeigenschaften dargestellt und in Verbindung mit den mikrostrukturellen Ursprüngen diskutiert. |Übung für Funktionskeramik I: Elektrische Eigenschaften | In diesem Laborkurs werden die Teilnehmer in die Messung dielektrischer Eigenschaften mit einem LCR-Meter und einem Impedanzspektrometer eingeführt. Es wird ein Equivalent-Circuit aufgebaut, um die Fähigkeit der Impedanzspektroskopie zu demonstrieren, verschiedene zeitabhängige Prozesse z.B. am Kristallgitter und an der Korngrenze zu trennen. *English* |Functional Ceramics I | This course provides an introduction to functional ceramics, including sections on dielectric, piezoelectric, ferroelectric, and ferroelastic properties of electroceramics. Concepts are presented with macroscopic material properties and discussed in conjunction with microstructural origins. |Exercise for Functional Ceramics I: Electrical Properties | In this laboratory course, students will be introduced to the measurement of dielectric properties using an LCR meter and an impedance spectrometer. An equivalent circuit will be set up to demonstrate the ability of impedance spectroscopy to separate different time-dependent processes, e.g., at the crystal lattice and at the grain boundary.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • kennen den Aufbau, die Herstellung, die Eigenschaften von Funktionskeramiken • können diese carakterisieren • kennen deren Anwendung für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt . • haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische und mechanische Eigenschaften • haben vertiefte Kenntnisse in den Prozessen zur Herstellung von Keramiken sowie der Methoden zur Bestimmung wichtiger

		Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften *English* The students • know the structure, the production, the properties of functional ceramics • can characterize them • know their application for activities in the institutional and industrial environment with this material focus . • have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical and mechanical properties
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (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**	

1	**Module name** 46224	**Funktionskeramiken II** Functional ceramics 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**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	**Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques** This course will cover basic crystallography, advanced diffraction techniques (e.g., x-ray, neutron and electron) including instrumentation, strategies to collect diffraction data (ex situ and in situ) and different data analysis methods. The course has been designed in such a way that, in addition to the development of theoretical background, students can have hands-on experience with different data analysis methods and software. At the initial stage we will cover basics of crystallography and principle of diffraction technique. An in-depth discussion on different (e.g., x-ray, 2D x-ray, neutron and electron) diffraction techniques and their use in the field of materials science and engineering will then be presented. In the next step we will discuss ferroelectric/ferroelastic materials and how diffraction technique can be used to investigate microscopic origin of macroscopic functional properties. **Exercises for functional ceramics II: Structural Analysis** Students will learn how to extract various structural parameters using different data analysis (e.g. Selected peak-fitting, Le Bail fitting and Rietveld structural refinement) techniques and how these structural parameters can be correlated with different macroscopic properties. A brief overview of the recent developments and future scopes in the field of structural analysis (e.g., 3D- XRD, diffuse scattering) using diffraction technique will be highlighted to conclude the course
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • know the necessary scientific and practical knowledge for the microstructural characterization of ceramics using diffraction methods. • have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical, thermal and mechanical properties • understand the influences of structure and microstructure on electromechanical properties • know and understand how diffraction techniques work and what basic models are available for analysis • can use the appropriate software.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	Unregelmäßig
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** 46225	**Funktionskeramiken III** Functional ceramics III	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics III: mechanical properties (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Mechanical Properties and Fracture of Ceramics (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Grant Webber	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Grant Webber
5	**Contents**	|Mechanical Properties and Fracture of Ceramics | • ° Das Laborpraktikum vermittelt praktische Erfahrungen in der makroskopischen mechanischen Charakterisierung von keramischen Werkstoffen, wobei speziell linear elastische und ferroelastische Werkstoffe untersucht werden. *English* |Mechanical Properties and Fracture of Ceramics | This course will introduce participants to the origins of the mechanical behavior of ceramic materials through discussions of atomic structure and microstructure. Here, participants will be introduced to linear elastic fracture mechanics and some concepts related to nonlinear fracture mechanics. Then, various toughness mechanisms will be presented and discussed, including phase transforamtion, ferroelasticity, and crack bridging. In the final section of the lecture, fractographic techniques for the analysis of fracture surfaces as well as subcritical crack growth will be presented. |Exercise for Functional Ceramics III: Mechanical Properties | This laboratory practical course provides hands-on experience in the macroscopic mechanical characterization of ceramic materials, specifically studying linear elastic and ferroelastic materials.
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • lernen die Ursprünge der mechanischen Eigenschaften von Keramiken kennen • verstehen, wie sich keramische Werkstoffe nichtlinear, hysteretisch oder plastisch verformen können und wie dies das Bruchverhalten beeinflussen kann • erlernen der Grundlagen der linear-elastischen Bruchmechanik, insbesondere der Hintergründe der Energiefreisetzungsrate und des Spannungsintensitätsfaktors • verstehen Bruchflächen zur Analyse der Bruchentstehung genutzt werden können • verstehen, woe Risse unterkritisch wachsen können und können diese charakterisieren *English*

		The students • learn the origins of the mechanical properties of ceramics • understand how ceramic materials can deform nonlinearly, hysteretically, or plastically and how this can affect fracture behavior • learn the fundamentals of linear elastic fracture mechanics, especially the background of the energy release rate and stress intensity factor • understand fracture surfaces can be used to analyze fracture initiation • understand where cracks can grow subcritically and be able to characterize them
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (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** 97085	**Grundlagen der Koordinatenmesstechnik** Fundamentals of coordinate measurement technology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Grundlagen der Koordinatenmesstechnik (2 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Koordinatenmesstechnik (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	**Contents**	Bei dieser Veranstaltung handelt es sich um einen begleiteten Onlinekurs, in dem die Grundlagen der Koordinatenmesstechnik erlernt werden. Diese Inhalte sind nach dem Arbeitsablauf eines Messtechnikers gegliedert und umfassen Themen von der Planung einer Messung über die Auswahl eines geeigneten Messsystems bis hin zur Auswertung der Messdaten und Ermittlung der Messergebnisse. Dabei werden neben klassischen, taktilen Koordinatenmessgeräten auch neuere Messsysteme wie industrielle Computertomografen näher betrachtet. Diese Online-Inhalte sind Modular strukturiert und werden von den Studierenden eigenständig bearbeitet und anschließend in Kleingruppen besprochen. Die Lerninhalte sind dabei wie folgt strukturiert: • Interpretation einer Konstruktionszeichnung, • Prüfplanung, • Geräteauswahl, • Vorbereitung des Werkstücks, • Vorbereitung des Messsystems, • Messung durchführen, • Auswertestrategie, • Messunsicherheit, • Dokumentation, • Infrastruktur und Umgebung. Der Onlinekurs beruht auf einem herstellerunabhängigen Blended Learning" Kurs Ausbildungsstufe 1 CMM-User von CMTrain (www.cm-train.org). Die Lerninhalte stellen einen in der Industrie anerkannten, international vergleichbaren Ausbildungsstandard für Messtechniker im Bereich der Koordinatenmesstechnik sicher. Durch einen zusätzlichen, kostenpflichtigen, eintägigen Workshop ist es möglich die CMTrain Ausbildungsstufe 1" und das zugehörige Zertifikat zu erlangen.
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden können das Grundprinzip der Koordinatenmesstechnik beschreiben. • Die Studierenden können Messresultate vollständig angeben. Verstehen •

		° Die Studierenden können die Einsatzmöglichkeiten der berührenden und berührungslosen 3D-Koordinatenmesstechnik beschreiben. Analysieren Die Studierenden können den Aufwand zur Durchführung von Messungen mittels Koordinatenmessgerät ermitteln. Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden können die Umsetzbarkeit einer Messaufgabe mittels Koordinatenmessgerät beurteilen. Erschaffen Die Studierenden können Messstrategien für Messaufgaben in der Koordinatenmesstechnik planen.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination (60 minutes) Im Rahmen des Moduls müssen zwei Vorträge zu je 20 Minuten gehalten werden. Die Teilnahme an den Vorträgen der anderen Teilnehmenden wird vorrausgesetzt.
11	**Grading procedure**	Written examination (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**	• 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 • Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 9. Auflage, Springer Verlag, 2018 ISBN 978-3-658-17755-3

1	**Module name** 46228	**Glas I** Glass I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Vibrational spectroscopies, from theory to practice (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Optical properties of glasses (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dominique Ligny	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	|Optical properties of glasses| • Fundamental concepts: The electromagnetic spectrum and units, Absorption, Luminescence, Scattering • Optical transparency of solids: Optical magnitudes and the dielectric constant, The Lorentz Oscillator, Metals, Semiconductors and insulators, Excitons, Reflection and polarization • Optical glasses: Optical aberration and solutions, Dispersion properties and composition • Colors in glasses: The eye, Optically Active Centers, Transition metals in glasses, Metallic and Chalcogenide nanoparticles • Chromism: Thermochromism, Photochromism, Gasochromism, Electrochromism • IR glasses: Chalcogenide, Fluorite glasses • Optical Fibers: Principle, Manufacturing, Applications, Photonic fibers |Vibrational spectroscopies, from theory to practice | • Nature of vibrations inside matter • Interaction light matter • Instrumentation • Raman application • Infrared Spectroscopy • Advanced technics
6	**Learning objectives and skills**	|Spectroscopy techniques applied to amorphous materials | The students will • Understand the solid state physic background link to the optical properties of all type of materials • Be able to explain the different ways to create colors • Choose the appropriate glass compositions to realize optical device in the infrared region • Have an overview of the different technologies link to light management • Know the different parameters that define an Optical glass fiber and choose them in regard of the attended application |Vibrational spectroscopies, from theory to practice| The student will • Understand in a comprehensive way the solid state physic background link to these spectroscopies

		• Know the different parts of a spectrometer and their characteristic parameter • Exercise himself to set the parameters of an observation and run the measurements • Treat the data by applying the needed corrections • Evaluate the data using peak fitting, momentum calculations and Principal Component Analysis • Deduce information on the structure of common glasses
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
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** 46229	**Glas II** Glass II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	**Contents**	Glass formulation using project management: Intensive exercise of 6 half days at the end of the semester. The teaching follows an "on time approach. After presentation of the case study, an introduction to the project management is given. Analytical tools are given to the students than can use them directly on the case study. The project is then defined through brainstorming followed by Solution analysis and quotation. The rules for scheduling, monitoring and controlling a project are introduced before the case study is started to be solved. An emphasis is given on reporting by quick presentation at the end of each half day by the project team. In conclusion a last time is taken to analyze the personal issues encounter during these six half days. That help the students to have a pragmatic thinking about what could have been a better project team and the need of a leader. Glass and Ceramic for Energy-technology: • Materials and energy • Solar Energy • Solar Thermal • Photovoltaic Energy • Insulation • Wind Energy • Nuclear waste glass storage • Energy in glass processing • Fuel Cell and Ion conductivity • Lighting LED and LASER REE technology
6	**Learning objectives and skills**	Glass formulation using project management The student will • Learn the different concept used in project management as well as its specific vocabulary • Practice the project management in a small team • Use the different tools of project management • Go from an application to the conception of a product Glass and Ceramic for Energy-technology The student will • Understand the global environmental issues related to the use of glasses for: • Nonrenewable energy sources • Renewable energy sources • Energy efficiency • Energy storage • Know the improvement needed in the future

		• Look for solution by linking the expected performance to the glass properties • Be able to choose the good glass composition, production and shaping processes
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 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** 46208	**Eisen- und Stahlwerkstoffe** Iron and steel materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Iron and Steel I (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Peter Felfer	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Peter Felfer
5	**Contents**	Eisen- und Stahlwerkstoffe I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS • Grundlagen der Stahlherstellung • Grundlagen der Wärmebehandlungen • Eigenschaften und Anwendung der verschiedenen Stahlklassen • Schweißmetallurgie • Eigenschaften und Anwendungen von Eisengusswerkstoffen Content: Iron and steel materials I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS • Basics of steel production • Basics of heat treatments • Properties and application of the different steel classes • Welding metallurgy • Properties and applications of iron casting materials
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe Eisen und Stahl und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren • vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen bei Stählen • können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen bei Stählen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären *Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • ° deepen their knowledge of the diverse structural compositions of iron and steel materials and are able to evaluate them

		° deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials ° can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams ° deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms of steels ° can develop and check structure-property correlations for steels ° independently assess structure-property relationships using examples ° deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain these relationships. ° Basic experimental techniques
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46207	**Materialcharakterisierung** Material characterization	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Atom Probe Tomography (1 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Anforderungen der Industrie an Werkstoffingenieure (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Atomsondenmikroskopie_School (1 SWS) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbesprechung Praktika in Mastermodulen WW 1 inkl. Sicherheitsbelehrung (0 SWS) Übungsseminar: Quantitative Gefügeanalyse (Stereologie) (1 SWS) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbesprechung der Lehrveranstaltungen WW I (0 SWS) Vorlesung mit Übung: Röntgenmethoden in der Materialanalyse (1 SWS, SoSe 2024)	1 ECTS 3 ECTS 1 ECTS - 1,5 ECTS - 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Peter Felfer Prof. Dr. Peter Weidinger Heinz Werner Höppel Dr.-Ing. Martin Weiser Dr.-Ing. Steffen Neumeier Prof. Dr. Mathias Göken	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Steffen Neumeier
5	**Contents**	Quantitative Gefügeanalyse, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS • Einführung in die Quantitative Gefügeanalyse und die dazugehörigen Meßmethoden • Auswertemethoden • Grundlagen der Statistik • Praktische Anwendung von Image C Röntgenmethoden in der Materialanalyse, V, 1 SWS, 1 ECTS • Grundlagen der Röntgen-/Synchrotron-/Neutronenbeugung • Experimentelle Methoden • Anwendung in der Materialanalyse (Gitterkonstantenbestimmung, Spannungsanalyse, Texturanalyse,) Anforderungen der Industrie an einen Werkstoffingenieur: • Grundlagen industrieller Planungen im Werkstoffumfeld • Industrielle Lösungsstrategien bei Werkstofffragestellungen • Industrielle Charakterisierungsverfahren Quantitative Microstructural Analysis, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS • Introduction to quantitative microstructure analysis and the corresponding measuring methods • Evaluation methods • Basics of statistics

		• Practical application of Image C X-ray methods in materials analysis, V, 1 SWS, 1 ECTS • Basics of X-ray/synchrotron/neutron diffraction • Experimental methods • Application in material analysis (determination of lattice constants, stress analysis, texture analysis,...) Fundamentals of Failure Analysis, V+Ü+P 0.5+1+0.5 SWS, 0.5+1+0.5 ECTS • Basic procedure of damage analysis • Damage hypotheses • Case studies from practice • Practical test to deepen the contents
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen • vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen • beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen • erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukutren • vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen Grundlagen der Schadensanalyse, wenden diese an Beispielfällen an und stellen Schadenshypothesen auf Lern- bzw. Methodenkompetenz Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können: • Grundlegende Experimentiertechniken • Quantitative Gefügeanalyse • Grundlegende Methoden der Röntgenbeugung Technical competence Evaluating (assessing) Students will • deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials • independently assess structure-property relationships using examples • acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials and characterize different structures • deepen the learned contents by exercises and practical training • learn and apply new methods

		• learn the basics of damage analysis, apply them to example cases and establish damage hypotheses Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired: • Basic experimental techniques • Quantitative microstructure analysis • Basic methods of X-ray diffraction
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46274	**Materials Informatics** Materials informatics	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Driven Materials Science (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Computational Models of Biomaterial Failure (2 SWS) Vorlesung: Computational Materials Engineering and Data Science for Industrial Application (2 SWS, SoSe 2024)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Luca Ghiringhelli PD Dr. Paolo Moretti Dr. Johannes Möller	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Data science in materials modeling 2. Correlations and methods of statistical inference 3. Machine learning techniques 4. Elements of high performance computing 5. Data structures in microstructure modeling
6	**Learning objectives and skills**	the students • acquire advanced knowledge of computer-based techniques of data analysis and materials modeling • learn methods of relevance in the treatment of data coming from both simulations and experiments. • become familiar with concepts and tools of machine learning and high performance computing, of relevance in the study of materials properties, through extensive practical sessions
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral currently taking an oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46273	**Material Theory** Material theory	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Generalized Continuum Models of Materials Mechanics (1 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Foundations of Computational Materials Science (1 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Theoretical foundations of atomistic models 2. Coarse graining and formulation of continuum theories 3. Generalized continuum theories.
6	**Learning objectives and skills**	students learn the theoretical foundations of the models behind current state-of-the-art simulation techniques • develop a critical understanding of current modeling tools and approximation methods • develop a critical understandingof relevance both for atomistic modeling and for continuum approaches
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral currently taking an oral exam (15 min.)
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46214	**Metallische Werkstoffe im Automobilbau** Metallic Materials in Automotive Engineering	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Lecture High Pressure Die Casting (1 SWS) Vorlesung: Lecture Metallic Materials in Automobil Engineering (2 SWS) Praktikum: Lab Course High Pressure Die Casting (2 SWS)	0,5 ECTS 2,5 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer Dr. Johannes Staeves	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Herausforderungen für die Automobilindustrie • Fahrzeugentstehungsprozess • Anforderungen, Werkstoffe und besondere Lösungen für Karrosserie, Fahrwerk und Motoren • Strategie der Werkstoffauswahl • Druckgießen als typisches Fertigungsverfahren (Druckgussmaschine, Druckgusslegierungen, Herausforderungen) • praktische Arbeiten zum Thema Druckgießen • Simulation der Formfüllung **English** • Challenges for the automotive industry • Vehicle development process • Requirements, materials and special solutions for body, chassis and engines • Material selection strategy • Die casting as a typical manufacturing process (die casting machine, die casting alloys, challenges) • practical work on die casting • simulation of mold filling
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • erwerben ein Verständnis für relevante Arbeitsmethoden der Automobilindustrie • können die Auswahl geeigneter Werkstoffe für bestimmte Anwendungen erklären • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess bzw. Prozessparameter und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Gussteile zu beurteilen. • können die Ergebnisse von numerischen Simulationen bewerten. • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** Students will:

		• acquire an understanding of relevant working methods in the automotive industry • are able to explain the selection of suitable materials for specific applications • are able to evaluate relationships between process or process parameters and microstructure or properties of metallic castings. • are able to evaluate the results of numerical simulations. • learn to cooperate with others in a goal-oriented manner in practical group work.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung; Klausur (45 Min.) written exam (45 min).
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46275	**Microstructure Modeling** Microstructure modeling	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Dislocation Theory and Dislocation Simulation (Tutorial) (1 SWS) Vorlesung: Dislocation Theory and Dislocation Simulation (Lecture/Tutorial) (2 SWS, WiSe 2023) Übung: Modelling Materials with Finite Element Simulations (Tutorial) (1 SWS) Seminar: Seminar Computational Materials Science (2 SWS)	1 ECTS 2,5 ECTS 1,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser Dr. Frank Wendler	

4	**Module coordinator**	PD Dr. Paolo Moretti
5	**Contents**	1. Finite element simulation methods 2. Dislocation theory and simulation 3. Discrete and continuum microstructural modeling 4. Discretization schemes 5. Network models
6	**Learning objectives and skills**	Students • develop advanced knowledge in the field of computer-aided microstructure modeling techniques. • develop advanced knowledge in discrete methods • develop advanced knowledge in continuum models in conjunction with the appropriate discretization techniques. • understand the theoretical aspects of continuum and discrete microstructure
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Simulation Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
11	**Grading procedure**	Oral (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english

16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46253	**Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management** Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light conversion and light management	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Lab Work Manufacturing and Characterization of Phosphors and Storage Phosphors (3 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Miroslaw Batentschuk	

4	**Module coordinator**	Miroslaw Batentschuk
5	**Contents**	The module consists of a lecture and a lab course: • Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (Im Wintersemester) (Vorlesung, 2 SWS, Miroslaw Batentschuk • Lab Work Manufacturing and Characterization of Phosphors and Storage Phosphors (im Sommersemester) (Praktikum, 3 SWS, Andres Osvet et al., Zeit n. V., Labore LS i-MEET) ; Scope: 1 experiment, 20 pages report. Contents: • Classification of phosphors according to their principle of operation and by field of application. • Establishing the relationships between crystal structure of phosphors as well as their composition and the desirable absorption and emission properties. • Energy transfer between the crystal lattice and active ions as well as between these ions • Consideration of several examples • Theoretical analysis of phosphor engineering with the purpose to reach maximal energy efficiency during transformation of the ionizing radiation • Basics and to methods of storage phosphor manufacturing • Analysis of requirements to the properties and new trends in development of phosphors for white light emitting diodes and for adaptation of the sun light spectrum to the sensitivity of solar cells and plants
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get the theoretical background and the ability to determine the required parameters for engineering new phosphors as a part of photovoltaic modules and devices for modern lighting. • The students will be trained in processing of phosphors and dielectric layers. The students will gain knowledge in characterization of phosphors and improved solar cells.
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry,

		Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | weitere Wahlmodule | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details
10	**Method of examination**	Variable Studien-/Prüfungsleistungen: Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (Prüfungsnummer: 62531) Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % weitere Erläuterungen: zusätzlich zur mündlichen Prüfung - unbenoteter Nachweis vom Praktikum, Bericht 20 Seiten Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 weitere Erläuterungen: mögliche weitere Prüfungsformen sind Klausur (45 Min.) oder Hausarbeit benotet (ca. 20 Seiten) Oral examination, exercises, and report from lab work Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch 1. Prüfer: Miroslaw Batentschuk, 2. Prüfer: Andres Osvet
11	**Grading procedure**	Variable (100%)

12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46226	**Porous and cellular Ceramics I** Porous and cellular ceramics I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Thermal and mechanical characterisation (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Microstructural characterization (2 SWS)	2,5 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Tobias Fey	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey
5	**Contents**	|Microstructural characterization | • Strukturelle Charakterisierung poröser und zellularer Keramiken durch den Einsatz gängiger Methoden wie He-Pyk, Hg-Porosimetrie, µCT, SEM, Permeabilität • Einsatz von Bildanalyse und Simulationen zur Strukturparameterberechnung wie Zellgröße, Stegbreite, Anisotropie, Interkonnektivität und Tortuosität • Strukturelle Besonderheiten poröser Werkstoffe |Thermal and mechanical characterisation | • Bestimmung thermischer / mechanischer Eigenschaften an porösen und zellularen Werkstoffen • Bestimmung des Einflusses der Porosität, Porenform und Porenform auf die physikalischen Eigenschaften *English* |Microstructural characterization| • Structural characterization of porous and cellular ceramics by using common methods such as He-Pyk, Hg-porosimetry, µCT, SEM, permeability • Use of image analysis and simulations to calculate structural parameters such as cell size, web width, anisotropy, interconnectivity and tortuosity • Structural features of porous materials |Thermal and mechanical characterization| • Determination of thermal / mechanical properties of porous and cellular materials • Determination of the influence of porosity, pore shape and pore form on physical properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • Erlernen die Auswahl von Charakterisierungsmethoden und deren Einsatz sowie Grenzen der Anwendbarkeit der Untersuchungsmethoden und Algorithmen • Entscheiden die Auswahl der Charakterisierungsmethodik vor dem Hintergrund der Einsatzgrenzen • Vermittlen der notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur Charakterisierung von porösen und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt.

		• Vertiefen das Verständnis über die Mikrostruktur poröser und zellularer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die physikalischen Eigenschaften *English* Students will • Learn the selection of characterization methods and their use as well as limits of applicability of the investigation methods and algorithms • Decide the choice of characterization methodology in the light of the limits of application • Provide the necessary scientific and practical knowledge to characterize porous and ceramics for activities in institutional and industrial settings with this material focus. • Deepen understanding of the microstructure of porous and cellular ceramic materials and its effect on physical properties.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232 mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
10	**Method of examination**	Oral
11	**Grading procedure**	Oral (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**	

1	**Module name** 46227	**Porous and cellular Ceramics II** Porous and cellular ceramics II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey
5	**Contents**	**Porous and cellular Ceramics for engineers** • Architecture and structure of porous and cellular ceramics over different length scales • manufacturing processes of porous and cellular ceramics from conventional to additive processes • physical properties depending on the porosity, pore shape and pore type • areas of applications of porous and cellular structures in particular a) light weight constructions b) catalysis c) energy and d) scaffolds **Porous and cellular applications** • Practical production of ceramic porous scaffolds using different methods discussed in the lecture • Variation of the manufacturing parameters to modify the microstructure and pore shape and type for the respective application (open / closed cell) • Implementation of application-oriented studies
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • learn the necessary scientific basics for the structure and composition as well as the production and application of porous and cellular ceramics • intensify your knowledge of the production of porous and cellular ceramic materials and their effect on structural and physical properties • learn how to select materials and processes against the background of application profiles using examples • deepen the scientific basics in application-oriented studies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)

11	**Grading procedure**	Oral (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**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46216	**Pulvermetallurgie** Powder Metallurgy	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner
5	**Contents**	• Pulverherstellung • Pulvercharakterisierung • Pressen und Sintern • spezielle Sintermethoden und alternative Konsolidierungsmethoden (Additive Fertigung, PM-Spritzguss) • Anwendungen (Hartmetalle und Beschichtungen) • praktische Arbeiten zum Thema Pulvermetallurgie und Schäumen von Metallen **English** • Powder production • Powder characterization • pressing and sintering • Special sintering methods and alternative consolidation methods (additive manufacturing, PM injection molding) • applications (hard metals and coatings) • practical work on powder metallurgy and foaming of metals
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden**: • erwerben ein Verständnis für industrielle Arbeitsmethoden. • können die unterschiedlichen Prozessschritte der Pulvermetallurgie einordnen. • durchdringen den Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Eigenschaften von gesinterten Bauteilen. • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** Students will: • acquire an understanding of industrial working methods. • can classify the different process steps of powder metallurgy. • understand the relationship between process parameters and the properties of sintered components. • learn to cooperate with others in a goal-oriented manner in practical group work.
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung nach Bestehen des Praktikums (45 Min.) written exam after passing the internship (45 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in summer semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46246	**Verarbeitung von Polymerwerkstoffen** Processing of polymer materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta Prof. Dr. Dirk Schubert
5	**Contents**	Wissensvermittlung zu Aufbau von Verarbeitungs-maschinen und Ablauf von Verarbeitungsverfahren für Polymerwerkstoffe, Polymerblends und -composites • Einfluss von Werkstoffeigenschaften auf Maschinendesign und Verarbeitungsparameter • Einfluss der Verfahrensparameter auf Eigenschaften • Wissensvermittlung zu Additiven und den Vorgängen an Grenzflächen in polymeren Werkstoffsystemen, Kompatibilität verschiedener Polymere • interaktive Gruppenübung zu aktuellen Fragestellungen und Anwendungen von Polymerwerkstoffen **English** Knowledge transfer on the design of processing machines and the sequence of processing methods for polymer materials, polymer blends and composites • Influence of material properties on machine design and processing parameters • Influence of process parameters on properties • Knowledge transfer on additives and the processes at interfaces in polymer material systems, compatibility of different polymers • interactive group exercise on current issues and applications of polymer materials
6	**Learning objectives and skills**	• kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder aus den genannten Themenfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verarbeitungsverfahren und daraus resultierende Produkteigenschaften • beschreiben wesentliche Struktur-Eigenschaftsbeziehungen • analysieren und bewerten Messdaten von Fertigungsprozessen • sind in der Lage, Modifizierungsstrategien für Polymer-werkstoffe in Bezug auf Optimierung von Eigenschaften durch Verarbeitungsverfahren zu erarbeiten und durchzuführen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeits-methodiken gewonnen

		English • know essential applications and development fields from the mentioned topics • identify strengths and weaknesses of different processing methods and resulting product properties • describe essential structure-property relationships • analyze and evaluate measurement data from manufacturing processes • are able to develop and implement modification strategies for polymer materials with regard to optimization of properties by processing methods • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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** 46243	**Rheologie** Rheology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Excerises on Rheology (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung: Rheology - Fundamentals and Measurement Technology (2 SWS, WiSe 2023) Praktikum: Labwork Rheolology (1 SWS, SoSe 2024)	1,5 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Module coordinator**	Dr.-Ing. Joachim Kaschta
5	**Contents**	Rheologische Messgrößen und ihre anwendungstechnische Bedeutung • Grundlagen, Technologie, Messtechnik zur Ermittlung rheologischer Stoffeigenschaften • Verhalten in Scherung Dehnung • Beschreibungsgleichungen • Temperaturabhängigkeit der rheologischen Eigenschaften **English** Rheological measurands and their significance for application • Basics, technology, measuring technique for the determination • rheological material properties • Behavior in shear strain • Equations of description • Temperature dependence of rheological properties
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden • erhalten einen tiefgehenden Einblick in die Thematik der Rheologie • erwerben ein wichtiges Grundlagenverständnis (Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen) • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder • identifizieren Stärken und Schwächen verschiedener Verfahrensweisen und Werkstofflösungen • analysieren und bewerten Messdaten von rheologischen Messungen • stufen die eigenen Ergebnisse ein. • haben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethodiken gewonnen • kennen wesentliche Anwendungen und Entwicklungsfelder **English** The students • gain an in-depth insight into the subject of rheology • acquire an important basic understanding (structure-property relationships on all size scales)

		• know essential applications and fields of development • identify strengths and weaknesses of different methods and material solutions • analyze and evaluate measurement data from rheological measurements • classify their own results • have gained an understanding of industry-relevant working methodologies • know essential applications and development fields
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Polymer Materials Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 46283	**Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology** Scanning electron microscopy in materials science and nanotechnology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Thomas Przybilla Dr. Johannes Will	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the introduction to and application of Scanning Electron Microscopy (SEM) in Materials Science and Nanotechnology and comprises a lecture with corresponding exercises. Amongst others, the following topics are addressed: • Components of an SEM instrument • Elastic/inelastic electron-probe/sample interactions, interaction volume, generation of secondary and backscattered electrons • Contrast mechanisms of different detector systems • Topographic und chemically-sensitive imaging • Electron diffraction and its application in SEM • Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM) • Quantitative X-ray spectroscopy • Focused ion beams (Dual-Beam FIB, He-ion microscopy) **Preparation-specific challenges** Application examples Specific topics are accompanied with suitable exercises (e.g. Monte-Carlo simulations to simulate electron trajectories).
6	**Learning objectives and skills**	**The students** • professional competence • knowledge • Introduction to the basic concepts of and physics behind SEM **Understanding** Overview over applications and deeper understanding of SEM and FIB techniques in materials science on the micro- and nanoscale Enhancement of knowledge through teaching of current SEM applications and state-of-the-art developments in research **Application** Application and consolidation of taught contents by SEM-related exercises
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

		Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min.)
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**	Reimer, Scanning Electron Microscopy, Springer Verlag. Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis Goldstein et al., Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis (2003) N. Yao, Focused Ion Beam Systems, Basics and Applications, Cambridge University Press, 2010. L.A. Gianuzzi, F.A. Stevie, Introduction to Focused Ion Beams. Instrumentation, Theory, Techniques and Practice, Springer, 2005. J. Orloff, M. Utlaut, L. Swanson, High Resolution Focused Ion Beams: FIB and its Applications, Springer, 2003 Lecture notes.

1	**Module name** 46285	**Scattering Methods for Nanostructured Materials** Scattering methods for nanostructured materials	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Scattering Methods for Nanostructured Materials (2 SWS) Übung: Exercise Scattering Methods for Nanostructured Materials (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Will Prof. Dr. Erdmann Spiecker	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	The module focuses on the application of scattering methods for crystal structure determination in general (diffraction), the investigation of supported nanostructures and thin films (grazing incidence diffraction and reflectometry) and for the size and shape analysis of nanostructures in solution (small-angle scattering). Basic concepts of Fourier transforms will be applied to the interaction of a primary probe with a periodically ordered object. Moreover, the impact of multiple scattering events on the diffracted intensity and its angular dependence will be discussed in a unified model for neutrons, x-rays and electrons. Those theoretical considerations will built the basis for the understanding of the methods named above. For all methods, current published research examples will be showcased.
6	**Learning objectives and skills**	**The students** Unterstanding professional competences Basics of Fourier transform and convolution Understanding of the interaction of neutrons, x-rays and electrons with atoms and their arrays Physical principles of the interaction of a scattering probe with an extended crystalline lattice Understanding how scattering methods contribute and which kind of information can be extracted for todays challenges in material science **Appliation** Each topic will be accompanied with suitable exercises
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral
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**	• D.S. Sivia: Elementary Scattering Theory • B.E. Warren: X-ray Diffraction • J. M. Cowley: Diffraction Physics • A. Authier: Dynamical Scattering Theory • Als-Nielsen & McMorrow: Elements of modern X-ray physics • J. Daillant and A. Gibaud: X.ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications • Renaud et al. 2009, Probing surface and interface morphology with Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering, Surface Science Reports 64, 255-380. • Rivnay et al. 2012, Quantitative Determination of Organic Semiconductor Microstructure from the Molecular to Device Scale, Chem. Rev. 112, 5488-5519.

1	**Module name** 46252	**Semiconductor Devices and Applications** Semiconductor devices and applications	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductors Introduction: Devices & Applications (2 SWS) Praktikum: Lab Work Thin Film Semiconductors (2 SWS, SoSe 2024)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Dr. Andres Osvet	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Christoph Brabec
5	**Contents**	Lecture / Exercise / Lab work • Introduction into the fundamentals, materials and application of thin film semiconducting devices • semiconductor junctions • display technologies • photovoltaic technologies • photodetector and X-Ray technologies • thin film transistor, memory , storage and energy harvesting technologies
6	**Learning objectives and skills**	• The students will get a detailed introduction and overview on various selected thin film device technologies, with emphasis on display technologies, lighting, energy harvesting and photovoltaics (renewable energies). • Independent development of a selected AST topic to the level of comprehension that the student can give a 25 min tutorial / presentation, presentation skills and techniques, • Processing and characterization of thin film semiconductors and semiconducting devices such as photovoltaics, LEDs, light conversion layers (lab course). • Data handling, data storage and written reporting in material science (lab course)
7	**Prerequisites**	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	**Integration in curriculum**	semester: 1;
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan: 1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 1 | Materialien der Elektronik und der

		Energietechnologie | Grund- und Ergänzungsmodul | Semiconductor Devices and Applications) 2) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Kernfach 2 und 3 | Materialien der Elektronik und der Energietechnologie | Grund- und Ergänzungsmodul | Semiconductor Devices and Applications) 3) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | 1. und 2. Wahlfach | Semiconductor Devices and Applications) Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details
10	**Method of examination**	Variable ## Studien-/Prüfungsleistungen: (englischer Titel: Semiconductor Devices and Applications) ### Semiconductor Devices and Applications (Prüfungsnummer: 62521) Prüfungsleistung, Portfolio, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen: • Advanced Semiconductors Introduction: Devices & Applications • Lab Work Thin Film Semiconductors weitere Erläuterungen: Lecture - graded certificate (students choose either exam on processsing and characterization of a thin film device or a written report of 10 to 20 pages including a final discussion on the results or a presentation of an independent topic in a seminar). Lab Work (1 practical with final report of approximately 1- - 15 pages) Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023 1. Prüfer: Christoph J. Brabec
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**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	Wird an der Vorlesung dargestellt

1	**Module name** 92521	**Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (HL I)** Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I)	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	**Contents**	• Beschreibung eines psn-Übergangs im thermodynamischen Gleichgewicht (Raumladungszonen, Poisson-Gleichung, Depletion-Näherung und Built-in-Spannung), • Beschreibung eines psn-Übergangs im Nicht-Gleichgewicht (I-U-Charakterisitik des idealen pn-Übergangs, Rekombinationsmechanismen in pn-Übergängen, I-U-Charakterisitik des realen pn-Übergangs, Durchbruchmechanismen in pn-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-Tunneldiode, Esaki-Tunneldiode, Shockley-Diode, DIAC (Diode for Alternating Current), • Aufbau und Funktionsweise von Bipolar- und Heterobiplartransistoren: 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**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

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** 92525	**Halbleitertechnik V - Halbleiter- und Bauelementemesstechnik (HL V)** Semiconductor technology V - Semiconductor and component measurement technology (HL V)	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	**Contents**	Im Modul Halbleiter- und Bauelementemesstechnik werden die wichtigsten Messverfahren, die zur Charakterisierung von Halbleitern und von Halbleiterbauelementen benötigt werden, behandelt. Zunächst wird die Messtechnik zur Charakterisierung von Widerständen, Dioden, Bipolartransistoren, MOS-Kondensatoren und MOS-Transistoren behandelt. Dabei werden die physikalischen Grundlagen der jeweiligen Bauelemente kurz wiederholt. Im Bereich Halbleitermesstechnik bildet die Messung von Dotierungs- und Fremdatomkonzentrationen sowie die Messung geometrischer Dimensionen (Schichtdicken, Linienbreiten) den Schwerpunkt.
6	**Learning objectives and skills**	Fachkompetenz Anwenden erklären physikalische und elektrische Halbleiter- und Bauelementemess- und Analysemethoden vergleichen die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen der verschiedenen Verfahren Analysieren analysieren, welches Verfahren für welche Fragestellung geeignete ist Evaluieren (Beurteilen) bewerten die mit den unterschiedlichen Verfahren erzielten Messergebnisse
7	**Prerequisites**	• Basiswissen zur Physik (Abitur) notwendig • Grundkenntnisse zu Halbleiterbauelementen
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written or oral
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**	• Vorlesungsskript

		• Dieter K. Schroder: Semiconductor Material and Devices Characterization, Wiley-IEEE, 2006 • W.R. Runyan, T.J. Shaffner: Semiconductor Measurements and Instrumentations, McGraw-Hill, 1998 • A.C. Diebold: Handbook of Silicon Semiconductor Metrology, CRC, 2001

1	**Module name** 46233	**Seminar modul** Seminar module	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Seminar: Neuer Master: WS/SS-Industry report seminar: wird ersetzt durch Hauptseminar M12 (1 SWS) Übung: Neuer Master: WS-Literature seminar : wird ersetzt durch Hauptseminar M12 (2 SWS) Seminar: Bachelorvorträge für BA Arbeiten bei Glas und Keramik (2 SWS, WiSe 2023) Seminar: Main Seminar (Hauptseminar) M12 (2 SWS)	- - 0,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Grant Webber Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny PD Dr. Stephan Wolf	

4	**Module coordinator**	Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Grant Webber PD Dr. Stephan Wolf
5	**Contents**	**Science Seminar with reports on scientific projects** • ° Vortragende aus der Industrie berichten aktuelle wissenschaftliche Themen und Projekte Literature seminar Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Papers in Form eines Vortrages und eines Posters Science Seminar with reports on scientific projects • Summary of a scientific project that comes from the current research environment • Industry report seminar • Lecturers from industry report on current scientific topics and projects Literature seminar Summary of a scientific paper in the form of a lecture and a poster
6	**Learning objectives and skills**	**Die Studierenden** • vertiefen Ihre Kenntnisse über Präsentationstechniken • erlernen die Recherche von Literatur durch den Einsatz von Datenbanken • verstehen den inhaltlichen Aufbau von wissenschaftlichen Vorträgen und Berichten und können dies umsetzten • erlernen die Erstellung von wissenschaftlichen Postern und Berichten **The students** • deepen your knowledge of presentation techniques • learn how to research literature using databases • understand the structure of the content of scientific lectures and reports and can implement this

		• learn how to create scientific posters and reports
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Glass and Ceramics Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Achievement credit Leistungsschein Performance certificate
11	**Grading procedure**	Achievement credit (100%)
12	**Module frequency**	every semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 105 h Independent study: 45 h
14	**Module duration**	2 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 67164	**Seminar: Physik in der Medizin** Seminar: Physics in medicine	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar: Physik in der Medizin (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Hensel	

4	**Module coordinator**	Christoph Bert Prof. Dr. Ben Fabry Prof. Dr. Bernhard Hensel
5	**Contents**	In this seminar, topics in physics in medicine will be discussed. Participants will present their topic of choice in a seminar talk and have a discussion with the audience. Suitable topics will be provided by the supervisors. See the StudON page for the list of topics and further information.
6	**Learning objectives and skills**	Students • comprehend an interesting physical topic in a short time frame • identify and interpret the appropriate literature • select and organize the relevant information for the presentation • compose a presentation on the topic at the appropriate level for the audience • give a presentation to a scientific audience and use the appropriate presentation techniques and tools • criticize and defend the topic in a scientific discussion
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Seminar achievement (45 minutes)
11	**Grading procedure**	Seminar achievement (100%)
12	**Module frequency**	Unregelmäßig
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**	Primary literature will be provided by the supervisors of the individual topics.

1	**Module name** 46237	**Oberflächenanalyse I** Surface analysis I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Übung Surface Analysis I (1 SWS) Vorlesung: Surface Analysis I (2 SWS) Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS)	1 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Michael Höhlinger Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	*Surface Analysis I + II (Vl+Ü)* The generation of nanostructured materials gained relevance in the recent years and efficient characterization methods were developed, permitting insight into the topographical and chemical nanostructure of materials. The scope of this course covers a range of surface analytical instruments, discussing their principle mode of operation, application and data interpretation. All discussed instruments are also available at the chair and tutorials at the machines are a part of the lecture. The fabrication of nanostructured materials from particles to complex 3 dimensional structures is the topic of the second part of this lecture. Die Strukturierung von Werkstoffoberflächen auf der Nanoskala erlangte in jüngster Vergangenheit große Bedeutung was nicht zuletzt auf der Entwicklung hocheffizienter Charakterisierungsmethoden fußt. Diese erlauben eine hochauflösende Analyse der topografischen sowie chemischen Natur der Oberfläche. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung (Teil I) werden eine Vielzahl Oberflächenanalytischer Verfahren und Instrumente erläutert und deren Funktionsprinzip und etwaige Betriebsmodi besprochen, wobei auch auf die Messdateninterpretation Wert gelegt wird. Für die am LS vorhandenen Verfahren erfolgt außerdem eine Begehung der Labore wobei die Studierenden einen konkreten Eindruck der diversen Techniken erhalten können. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung (Teil II) wird die Darstellung nanostrukturierter Werkstoffe besprochen. Hierbei wird auf Partikel bis hin zu komplexen dreidimensionalen Strukturen eine große Bandbreite der Oberflächenmodifikation abgedeckt. *Seminar Surface Science and Corrosion* Das Seminar Surface Science and Corrosion bietet die Gelegenheit Einblicke in den aktuellen Stand der Forschungsfelder des Lehrstuhls zu erlangen. Hierbei werden Fallbeispiele präsentiert und diskutiert und so ein tiefgehendes Verständnis der Messmethoden, welche in der VL Surface Analysis vermittelt werden, ermöglicht. Neben dieser inhaltlichen Komponente der Art eines Frontalunterrichtes, ist es möglich und sehr erwünscht die Thematiken zu diskutieren. Den Studierenden ist es hierbei neben dem Erwerb von Fachwissen möglich, einen ersten Eindruck vom Ablauf wissenschaftlicher Konferenzen bzw. Tagungen zu erhalten. The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course

		of the seminar results are presented and discussed what enables a profound understanding of the techniques that are taught within the lecture Surface Analysis. Besides this factual part, the students have furthermore the chance (and are supposed) to ask questions to the speakers. This is an important insight into the academic working environment that might be especially relevant for prospective PhD-students.
6	**Learning objectives and skills**	Surface Analysis I + II (Vl+Ü): **Die Studierenden** • verstehen fundamentaler Konzepte im Bereich Kristallographie • können Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung kritisch diskutieren • verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS • kennen verschiedener Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD. • verstehen das Prinzip des Sol-Gel Prozesses • kennen die Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen • kennen und verstehen Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien **The students:** • Describing of basic concepts in crystallography. • Evaluating different kinds of surface characterization techniques (pros and cons). • Elucidating the theoretical background of STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • Defining fabrication methods of nanostructures and elucidation of nanostructured CVD. • Describing the sol-gel process. • Reporting applications of nanostructured surfaces. • Elucidation of surface analytical techniques for nanomaterial characterization. **Seminar Surface Science and Corrosion** **Die Studierenden** • wenden wissenschaftlicher Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele)an • haben Erfahrung bezüglich des Ablaufs und der Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen. • besitzen Softskills als Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere **The students** • Appliance of scientific techniques in research (discussion of examples). • Generating experience in scientific community. • Participation in scientific discussions. • Acquiring of soft-skills for futural scientific careers.

7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Written examination (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**	Vorbereitende LiteraturWird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	**Module name** 46238	**Oberflächenanalyse II** Surface analysis II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	**Contents**	***Surface Analysis I + II (VI+Ü)*** The generation of nanostructured materials gained relevance in the recent years and efficient characterization methods were developed, permitting insight into the topographical and chemical nanostructure of materials. The scope of this course covers a range of surface analytical instruments, discussing their principle mode of operation, application and data interpretation. All discussed instruments are also available at the chair and tutorials at the machines are a part of the lecture. The fabrication of nanostructured materials from particles to complex 3 dimensional structures is the topic of the second part of this lecture. Die Strukturierung von Werkstoffoberflächen auf der Nanoskala erlangte in jüngster Vergangenheit große Bedeutung was nicht zuletzt auf der Entwicklung hocheffizienter Charakterisierungsmethoden fußt. Diese erlauben eine hochauflösende Analyse der topografischen sowie chemischen Natur der Oberfläche. Im Zuge dieser Lehrveranstaltung (Teil I) werden eine Vielzahl Oberflächenanalytischer Verfahren und Instrumente erläutert und deren Funktionsprinzip und etwaige Betriebsmodi besprochen, wobei auch auf die Messdateninterpretation Wert gelegt wird. Für die am LS vorhandenen Verfahren erfolgt außerdem eine Begehung der Labore wobei die Studierenden einen konkreten Eindruck der diversen Techniken erhalten können. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung (Teil II) wird die Darstellung nanostrukturierter Werkstoffe besprochen. Hierbei wird auf Partikel bis hin zu komplexen dreidimensionalen Strukturen eine große Bandbreite der Oberflächenmodifikation abgedeckt. ***Seminar Surface Science and Corrosion*** Das Seminar Surface Science and Corrosion bietet die Gelegenheit Einblicke in den aktuellen Stand der Forschungsfelder des Lehrstuhls zu erlangen. Hierbei werden Fallbeispiele präsentiert und diskutiert und so ein tiefgehendes Verständnis der Messmethoden, welche in der VL Surface Analysis vermittelt werden, ermöglicht. Neben dieser inhaltlichen Komponente der Art eines Frontalunterrichtes, ist es möglich und sehr erwünscht die Thematiken zu diskutieren. Den Studierenden ist es hierbei neben dem Erwerb von Fachwissen möglich, einen ersten Eindruck vom Ablauf wissenschaftlicher Konferenzen bzw. Tagungen zu erhalten. The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course of the seminar results are presented and discussed what enables a profound understanding of the techniques that are taught within

		the lecture Surface Analysis. Besides this factual part, the students have furthermore the chance (and are supposed) to ask questions to the speakers. This is an important insight into the academic working environment that might be especially relevant for prospective PhD-students.
6	**Learning objectives and skills**	**Surface Analysis I + II (VI+Ü):** **Die Studierenden** • beschreiben fundamentale Konzepte im Bereich Kristallographie. • diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung. • verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • kennen verschiedene Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD. • verstehen den sol-gel Prozesses und könnenihn wiedergeben. • kennen versiedene Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen. • können Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien kritisch diskutieren. **The students** • Describing of basic concepts in crystallography. • Evaluating different kinds of surface characterization techniques (pros and cons). • Elucidating the theoretical background of STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS. • Defining fabrication methods of nanostructures and elucidation of nanostructured CVD. • Describing the sol-gel process. • Reporting applications of nanostructured surfaces. • Elucidation of surface analytical techniques for nanomaterial characterization. **Seminar Surface Science and Corrosion** **Die Studierenden:** • wenden wissenschaftliche Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele) an. • haben Erfahrung in Bezug auf Ablauf und Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen. • erwerben Softskills (VortraDarstellung / Diskussion) zur Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere. **The students** • Appliance of scientific techniques in research (discussion of examples). Generating experience in scientific community. Participation in scientific discussions. • Acquiring of soft-skills for futural scientific careers.
7	**Prerequisites**	Belegung des Wahlmoduls 2: Oberflächenanalyse I Immatrikulation im MA-Studium

		---------- Enrollment in elective module 2: Surface Analysis I Enrollment in the MA program
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Surface Science and Corrosion Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
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**	english
16	**Bibliography**	Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	**Module name** 46215	**Oberflächentechnologie** Surface Technology	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Vorlesung: Lecture Coating Technology (2 SWS) Praktikum: Lab Course Surface Technology (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Stefan Rosiwal Peter Randelzhofer	

4	**Module coordinator**	Stefan Rosiwal
5	**Contents**	• Grundlegende Verfahren der Oberflächentechnologie • Vertiefung CVD-Beschichtung und spezielle Anwendungen am Beispiel von CVD-Beschichtungen • praktische Arbeiten zum Thema CVD-Beschichtung, Tribologie und Oberflächenhärten • experimentelle Methoden der Wärmebehandlung und der Vakuumtechnik **English** • Basic processes of surface technology • Advanced CVD coating and special applications using the example of CVD coatings • practical work on the subject of CVD coating, tribology and surface hardening • experimental methods of heat treatment and vacuum technology
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • können die Methoden der Oberflächentechnik gezielt einsetzen • entwickeln ein tiefes Verständnis für CVD-Prozesse • können die experimentellen Methoden der Wärmebehandlung und der CVD-Beschichtungstechnik beurteilen • sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess und Mikrostruktur bzw. Festigkeit von Oberflächen gehärteten Stählen zu beurteilen • lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten. **English** The students: • are able to apply the methods of surface engineering in a targeted manner • develop a deep understanding of CVD processes • are able to evaluate experimental methods of heat treatment and CVD coating technology • are able to assess relationships between process and microstructure or strength of surface hardened steels • learn to cooperate with others in practical group work in a goal-oriented manner.
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable schriftliche Prüfung (45 Min.) written exam (45 min.)
11	**Grading procedure**	Variable (100%)
12	**Module frequency**	only in winter semester
13	**Workload in clock hours**	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h
14	**Module duration**	1 semester
15	**Teaching and examination language**	english
16	**Bibliography**	

1	**Module name** 97110	**Technische Produktgestaltung** Technical product design	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

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 Beitragsleister 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**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
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** 46900	**Kunststofftechnik - Technologie der Verbundwerkstoffe** Technologie der Verbundwerkstoffe	**2,5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer
5	**Contents**	Das Modul Technologie der Verbundwerkstoffe stellt die einzelnen Komponenten (Faser und Matrix), die Auslegung, Verarbeitungstechnologie, Simulation und Prüfung mit Fokus auf Faserverbundkunststoffe vor. Im Einzelnen werden dabei folgende Inhalte vertieft: • Einführung • Verstärkungsasern • Matrix • Fasern und Matrix im Verbund • Verarbeitung (Duroplaste und Thermoplaste) • Auslegung (klassische Laminattheorie) • Gestaltung und Verbindungstechnik • Simulation • Mechanische Prüfung und Inspektion
6	**Learning objectives and skills**	Die Studierenden: • Kennen die Begrifflichkeiten und Definitionen im Bereich der Faserverbundkunststoffe. • Kennen die verschiedenen Halbzeuge und deren verfügbare Konfektionierung. • Kennen und Verstehen die Verarbeitung von faserverstärkten Formmassen. • Kennen die Struktur und die besonderen Merkmalen der unterschiedlichen Ausprägungen und Werkstoffe von Fasern und Matrix und können diese erläutern. • Verstehen die Auslegung, die Verbindungstechnik und die Simulation von faserverstärkten Bauteilen. • Können ein werkstoff- und belastungsgerechten Faserverbundbauteil auslegen und konstruieren. • Können Faserverbundbauteile hinsichtlich Werkstoffauswahl, Gestaltung und Konstruktion beurteilen. • Können Simulationsergebnisse zu Faserverbundbauteilen beurteilen.
7	**Prerequisites**	abgeschlossene GOP
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Written examination Klausur, 60 Minuten

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**	• Ehrenstein, G.W.:Faserverbund-Kunststoffe, München Wien, 2006

1	**Module name** 46286	**Transmission Electron Microscopy in Material Science I** Transmission electron microscopy in materials science I	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Transmission Electron Microscopy I (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science I (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Dr. Mingjian Wu Prof. Dr. Erdmann Spiecker	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	• The module deals with the fundamentals of micro- and nanostructure research with the focus on todays state-of-the art capabilities of transmission electron microscopy in the investigation of materials down to the atomic scale. • The module begins with the basic physics of fast electrons, their generation and guidance by electromagnetic fields and their interaction with matter in the specimen and the detector. • Afterwards conventional imaging (BF, DF) and diffraction (ED, CBED) techniques including their applications to current research topics will be introduced. The aim is always to give insight into both the contrast mechanisms and physics of as well as the achievable information delivered by the different techniques. • This module can only be chosen as "Wahlmodul and not in combination with "Kernfachmodule WW9 ("Fundamentals of Micro- and Nanostructure Research & "Applied Micro- and Nanostructure Research).
6	**Learning objectives and skills**	**The students** **Professional competence** **Knowledge** • Basic concepts of the interaction of fast electrons with matter • Introduction of TEM components and their functionality **Understanding** • In-depth understanding of microscopy techniques for micro- and nanostructure research • In-depth understanding of basic imaging and diffraction TEM techniques and their application to material science • Insight into the structure property relationship of materials **Training** • Hands-on-training on modern analysis software for EM applications • Hands-on-training and experience on transmission electron microscopes accompanied with suitable exercises (3 days of practical exercise "as block during the first week of the semester break in February)
7	**Prerequisites**	None

8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 min).
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**	Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis Williams & Carter: Transmission Electron Microscopy Reimer & Kohl: Transmission Electron Microscopy Fultz & Howe: Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials Reimer: Transmission Electron Microscopy De Graef: Introduction to Conventional Transmission Electron Microscopy P. Haasen: Physikalische Metallkunde G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde J. M. Cowley: Diffraction Physics Lecture notes.

1	**Module name** 46287	**Transmission Electron Microscopy in Material Science II** Transmission electron microscopy in materials science II	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Contents**	• The module deals with the fundamentals of micro- and nanostructure research with the focus on todays state-of-the art capabilities of transmission electron microscopy in the investigation of materials down to the atomic scale. • The module is the continuation of module "Transmission Electron Microscopy in Material Science I and comprises the introduction and application to current research topics of advanced TEM techniques, including imaging (HRTEM, STEM), spectroscopic (EDXS, EELS, EFTEM) and 3D (ET) techniques. • The aim is always to give insight into both the contrast mechanisms and physics of as well as the achievable information delivered by the different techniques. • This module can only be chosen as "Wahlmodul and not in combination with "Kernfachmodule WW9 ("Fundamentals of Micro- and Nanostructure Research & "Applied Micro- and Nanostructure Research).
6	**Learning objectives and skills**	**The students** **Professional competence** • Knowledge about the application of high resolution techniques for nanomaterials **Understanding** • In-depth understanding of microscopy techniques for micro- and nanostructure research • In-depth understanding of basic and advanced imaging, diffraction and spectroscopic TEM techniques and their application to material science • Insight into the structure property relationship of materials **Training** • Hands-on-training on modern analysis software for EM applications • Hands-on-training and experience on transmission electron microscopes accompanied with suitable exercises (3 days of practical exercise during the lecture period)
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	no Integration in curriculum available!
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232

10	**Method of examination**	Oral mündliche Prüfung (15 Min.) oral exam (15 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**	Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis Williams & Carter: Transmission Electron Microscopy Reimer & Kohl: Transmission Electron Microscopy Fultz & Howe: Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials Reimer: Transmission Electron Microscopy P. Haasen: Physikalische Metallkunde G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde J. M. Cowley: Diffraction Physics Lecture notes.

1	**Module name** 46248	**Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse** Tribiology, surface finishing and damage analysis	**5 ECTS**
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the summer semester.	
3	Lecturers	-	

4	**Module coordinator**	Heinz Werner Höppel
5	**Contents**	*Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 2 ECTS* • Beschichtungstechnologien • Grundlagen der Tribologie • Verschleißmechanismen • Einführung in die Oberflächentechnik *Schadensanalyse metallischer Werkstoffe, V, 2 SWS, 2 ECTS * Praktikum:Tribologie, 1 SWS, 1 ECTS* *Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum, 1 SWS, 1 ECTS* • Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse • Schadenshypothesen • Schadensabhilfemaßnahmen • praktische Fallbeispiele Courses: Lectures: 1) Materials: Tribology and Surface Engineering (Lecture with exercise, 2 SWS) Failure analysis of metallic materials Lecture with exercise, 2 SWS) Practical Courses: 1) Tribology: Practical Course, 1 SWS expected start 2nd half of the semester! 2) Failure analysis of metallic materials Practical course, 1 SWS, block course Content: • Tribology and Surface Technology, • Coating Technologies • Basics of tribology • Wear mechanisms • Introduction to surface technology • Failure Analysis • Practical course: Tribology • Practical Course: Failure Analysis
6	**Learning objectives and skills**	*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden • vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen

		• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge • vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften • vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese eklären • vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum • erlernen und wenden neuen Methoden an • erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen Technical competence Evaluating (assessing) Students will • deepen their knowledge about the various structural compositions of materials and are able to evaluate the • deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials and of tribological processes • deepen their knowledge of coating technologies and coating properties • deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to clarify these relationships • deepen their knowledge through practical training • learn and apply new methods • learn and understand tribological processes and evaluate criteria for selecting materials and coatings for tribological applications • learn and understand failure analysis methods • apply learned methods and strategies in case studies
7	**Prerequisites**	None
8	**Integration in curriculum**	semester: 1
9	**Module compatibility**	1. and 2. Elective (TF incl. Materials Science) Master of Science Materials Science and Engineering 20232 General Materials Properties Master of Science Materials Science and Engineering 20232
10	**Method of examination**	Variable derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently oral exam (15 min.)
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**	