

# Module description

for the degree programme

Master of Science Nanotechnology  
(Version of examination regulation: 20222)

# Table of contents

Bottom-up Nanosynthesis / Self-assembly (45780).....	5
Computational Nanoscience (45761).....	10
Master thesis (M.Sc. Nanotechnology 20222) (1999).....	11
Nano Characterization (45740).....	13
Scientific Project (45865).....	16
Soft Skills (46219).....	18
Top-Down Nanostructuring (45770).....	21
General Materials Properties.....	
Angewandte Grundlagen (46201).....	25
Eisen- und Stahlwerkstoffe (46208).....	28
Hochtemperaturwerkstoffe (46203).....	30
Materialcharakterisierung (46207).....	32
Mikro- und makroskopische mechanische Eigenschaften (46202).....	35
Tribologie und Oberflächentechnik (46204).....	37
Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse (46248).....	39
Materials Science and Engineering for Metals.....	
Additive Manufacturing (46213).....	42
Materials in Automobil Engineering (46214).....	43
Metallic Materials: New Processes, Technologies and Materials (46212).....	45
Metallic Materials: Principles and Technologies (46211).....	47
Powder Metallurgy (46216).....	49
Glass and Ceramics.....	
Funktionskeramiken I (46223).....	51
Funktionskeramiken II (46224).....	53
Funktionskeramiken III (46225).....	55
Glas I (46228).....	57
Glas II (46229).....	59
Keramische Werkstoffe: Grundlagen und Technologien (46221).....	61
Keramische Werkstoffe: Prozessierung und Eigenschaften (46222).....	65
Porous and cellular Ceramics I (46226).....	67
Porous and cellular Ceramics II (46227).....	69
Seminar modul (46233).....	71
Surface Science and Corrosion.....	
Grundlagen der Elektrochemie - Vertiefung (46236).....	74
Oberflächenanalyse I (46237).....	76
Oberflächenanalyse II (46238).....	79
Oberflächentechnik und Elektrochemie (46234).....	82
Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse (46235).....	88
Materials for Electronics and Energy Technology.....	
Advanced Semiconductor Technologies Photovoltaic Systems I - Fundamentals (46257).....	91
Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors III - Processing (46256).....	93
Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing (46255).....	95
Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors I: Materials - Nanocrystals (46254).....	97
Crystal Growth 2 (46258).....	99
Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (46253).....	100

Semiconductor Devices and Applications (46252).....	103
Biomaterials.....	
Advanced applications: Biofabrication and Drug Delivery (46265).....	106
Advanced applications: Composites and Surfaces (46266).....	109
Advanced Applications: Tissue Engineering (46264).....	114
Basics of Biomaterials (46263).....	117
Grundlagen der Anatomie und Physiologie (22802).....	121
Materials Simulation.....	
Discrete and Continuum Simulation (46272).....	124
Foundations of Materials Simulation (46271).....	125
Foundations of phase field modelling (46276).....	127
Materials Informatics (46274).....	128
Material Theory (46273).....	129
Microstructure Modeling (46275).....	130
Micro- and Nanostructure Research.....	
3D Characterization in Materials Science (46284).....	132
Applied Micro- and Nanostructure Research (46282).....	134
Fundamentals of Micro- and Nanostructure Research NT (46291).....	136
Scattering Methods for Nanostructured Materials (46285).....	139
1. and 2. Scientific-technical elective module.....	
3D Characterization in Materials Science (46284).....	142
Additive Manufacturing (46213).....	144
Advanced applications: Biofabrication and Drug Delivery (46265).....	145
Advanced applications: Composites and Surfaces (46266).....	148
Advanced Corrosion Science (46288).....	153
Advanced Semiconductor Technologies Photovoltaic Systems I - Fundamentals (46257).....	156
Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors III - Processing (46256).....	158
Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing (46255).....	160
Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors I: Materials - Nanocrystals (46254).....	162
Computer science for engineers I (97080).....	164
Crystal Growth 3 (46262).....	167
Eisen- und Stahlwerkstoffe (46208).....	168
Foundations of phase field modelling (46276).....	170
Funktionskeramiken I (46223).....	171
Funktionskeramiken II (46224).....	173
Funktionskeramiken III (46225).....	175
Glas I (46228).....	177
Glas II (46229).....	179
Materialcharakterisierung (46207).....	181
Materials in Automobil Engineering (46214).....	184
Materials Informatics (46274).....	186
Material Theory (46273).....	187
Microstructure Modeling (46275).....	188
Oberflächenanalyse I (46237).....	189
Oberflächenanalyse II (46238).....	192
Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (46253).....	195
Porous and cellular Ceramics I (46226).....	198
Porous and cellular Ceramics II (46227).....	200

Powder Metallurgy (46216).....	202
Quality management (97246).....	203
Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (46283).....	205
Scattering Methods for Nanostructured Materials (46285).....	207
Semiconductor Devices and Applications (46252).....	209
Seminar modul (46233).....	211
Transmission Electron Microscopy in Material Science II (46287).....	213
Tribologie und Oberflächentechnik (46204).....	215
Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse (46248).....	217

1	<b>Module name</b> 45780	<b>Bottom-Up Nano-Synthese / Self-Assembly</b> Bottom-up Nanosynthesis / Self-assembly	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Self-assembly at surface (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Nanotechnology of Disperse Systems (3 SWS)	5 ECTS
		Vorlesung: Molekulare Nanostrukturen (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Marcus Halik Dr. Monica Distaso Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Prof. Dr. Franziska Gröhn	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Franziska Gröhn Prof. Dr. Marcus Halik Prof. Dr. Robin Klupp Taylor	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Molecular Nanostructures (Prof. Gröhn, Winter Semester Only, 3 ECTS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: Molecules, nanoparticles and molecular nanostructures</li> <li>• Self-assembly of surfactants: interplay of enthalpy and entropy in self-organization, the hydrophobic effect, equilibrium of association, micelle form</li> <li>• Different self-organized nanoparticles from amphiphilic building blocks: ternary systems, block copolymers, more complex amphiphilic building blocks and architectures, use as carriers and confined reaction space</li> <li>• Interaction forces in colloidal systems: various attractive interactions for supramolecular linking, repulsive forces for stabilization, DLVO theory</li> <li>• Diverse and novel supramolecular nanoparticles: through <math>\pi</math>-<math>\pi</math> interaction, metal coordination, ionic interaction or their interplay; Responsive and switchable supramolecular particles</li> <li>• Polymers and Polyelectrolytes: Characteristics of macromolecules in solution, macromolecular architectures, dendrimers and microgels</li> <li>• Characterization of molecular nanostructures with static and dynamic light scattering; Combination of various structural analytical methods</li> <li>• Functional complex nano-objects in solution for future applications</li> <li>• Understanding and actively apply structure formation principles, experiment design and data analysis.</li> </ul> <p><b>Nanotechnology of Disperse Systems (Prof. Klupp Taylor, Dr. Distaso, Winter and Summer Semester, 3+1 ECTS)</b></p>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to nanodisperse systems and their broad fields of application and research</li> <li>• Optoelectronic properties of nanodisperse systems</li> <li>• Magnetic properties of nanodisperse systems</li> <li>• Ex situ and in situ characterisation of nanoparticles (Optical methods; Electron microscopy; Scanning probe microscopy; Spectroscopy)</li> <li>• Fundamental aspects of the preparation of nanodisperse systems (Thermodynamic fundamentals; Hydrolysis and polycondensation (metal oxides); Redox-reactions (metals); Solvothermal/Hydrothermal synthesis; Control of particle size and morphology)</li> <li>• Synthesis and properties of carbon nanotubes</li> <li>• Industrial methods of nanoparticle synthesis</li> <li>• Exercise sessions: 10 minute critical presentations on recent primary research literature, organised into thematic sessions</li> </ul> <p><b>Self-organization on Surfaces (Prof. Halik, Winter Semester Only, 3 ECTS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals: Physisorption and chemisorption, growth modes, anchor group chemistry, analytical methods for characterization, phase separation</li> <li>• Weak surface interaction (van der Waals and dipolar WW), mobility of nanoscale systems on surfaces, 2D vs. 3D assembly</li> <li>• Medium WW (H-bonding, non-covalent systems) self-terminated growth, generation of 2D- superstructures, substrate influence (chemical structure and morphology)</li> <li>• Strong WW (Coulomb, covalent) stability (mechanical, chemical, thermal) exchange reactions on surfaces</li> <li>• Application examples</li> <li>• Hierarchical structure construction (layer-by-layer, complex layer structures, gradients, structured self-organization with lateral resolution on nm scale)</li> <li>• Self-organization on complex inner surfaces (Organization 3.-5. order)</li> </ul>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p><b>Molecular Nanostructures (Prof. Gröhn, Winter Semester Only, 3 ECTS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquire factual knowledge about various types of nanoscale molecular structures</li> <li>• Learn how the interplay of different interactions controls the formation of self-organized structures and colloidal systems.</li> <li>• Learn to quantitatively describe molecular nanostructures in solution.</li> <li>• Assess which molecular factors determine the shape, size, and architecture of supramolecular nanoparticles in solution.</li> <li>• Assess which methods are suitable for the structural characterization of supramolecular nanoparticles and layers.</li> </ul>

- Discover entry-points into the vast research literature covering nanoparticles.
- Identify the preferred methods to produce nanoparticles of a specified material, size, shape or properties.

## Nanotechnology of Disperse Systems (Prof. Klupp Taylor, Dr. Distaso, Winter and Summer Semester, 3+1 ECTS)

- Identify major applications and research fields of nanodisperse systems
- Identify and explain the fundamental theories of nucleation and growth and colloidal stability
- Differentiate between different approaches for the preparation of nanodisperse systems
- Select metal and metal oxide precursors and oxidizing/reducing agents according to their thermodynamic properties.
- Give examples of means to control nanoparticle size, shape and agglomeration state
- Distinguish between different characterization tools according to their advantages and disadvantages for the analysis of nanodisperse systems
- Identify the influence of particle size on key physical properties
- Match physical properties of nanoparticles to current or emergent applications
- Plan a presentation in which they compare and appraise recent research activities from the literature

## Self-organization on Surfaces (Prof. Halik, Winter Semester Only, 3 ECTS)

- ...

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discover entry-points into the vast research literature covering nanoparticles.</li> <li>• Identify the preferred methods to produce nanoparticles of a specified material, size, shape or properties.</li> </ul> <h2>Nanotechnology of Disperse Systems (Prof. Klupp Taylor, Dr. Distaso, Winter and Summer Semester, 3+1 ECTS)</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify major applications and research fields of nanodisperse systems</li> <li>• Identify and explain the fundamental theories of nucleation and growth and colloidal stability</li> <li>• Differentiate between different approaches for the preparation of nanodisperse systems</li> <li>• Select metal and metal oxide precursors and oxidizing/reducing agents according to their thermodynamic properties.</li> <li>• Give examples of means to control nanoparticle size, shape and agglomeration state</li> <li>• Distinguish between different characterization tools according to their advantages and disadvantages for the analysis of nanodisperse systems</li> <li>• Identify the influence of particle size on key physical properties</li> <li>• Match physical properties of nanoparticles to current or emergent applications</li> <li>• Plan a presentation in which they compare and appraise recent research activities from the literature</li> </ul> <h2>Self-organization on Surfaces (Prof. Halik, Winter Semester Only, 3 ECTS)</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ...</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 2
9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	jedes 2. Semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 Semesters semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	Nanoparticles and nanotechnology in general

- Axelos, M.A. and van de Voorde, M.H. (2017) Nanotechnology in agriculture and food science, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text
- Diwald, O. Berger, T. (2021) Metal oxide nanoparticles: Formation, functional properties, and interfaces, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text
- Müller, B. and van de Voorde, M. (2017) Nanoscience and Nanotechnology for Human Health, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. Full text
- Naitō, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K., Nogi, K. (eds) (2018) Nanoparticle technology handbook, Elsevier, Amsterdam. Full text
- Natelson, D. (2015) Nanostructures and Nanotechnology, Cambridge University Press, Cambridge. Full text
- Sánchez-Domínguez, M. and Rodríguez Abreu, C. (2016) Nanocolloids: A meeting point for scientists and technologists, Elsevier, Amsterdam. Full text
- Sharon, M. (ed) (2019) History of nanotechnology: From pre-historic to modern times, Wiley, Hoboken NJ USA. Full text

## Optical properties of nanoparticles / nanophotonics

- Bohren, C.F. and Huffman, D.R. (1993 (1998[printing])) Absorption and scattering of light by small particles, Wiley, New York, Chichester. Full text
- Gaponenko, S. V. Introduction to nanophotonics, 2010, (Full text)
- Pelton, M. and Bryant, G.W. (2013) Introduction to metal-nanoparticle plasmonics, Wiley; Science Wise Publishing, Hoboken, New Jersey. Full text
- Quinten, M. (2011) Optical properties of nanoparticle systems: Mie and beyond, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

## Magnetic nanoparticles

- Gubin, S.P. (2009) Magnetic nanoparticles, Wiley-VCH, Weinheim. Full text
- Katz, E. (ed) (2020) Magnetic Nanoparticles, MDPI, Basel. Full text (open access)
- Rivas, J., Kolen'ko, Y.V., Bañobre-López, M. (2016) Magnetic Nanocolloids, in Nanocolloids, Elsevier, pp. 75–129. Full text

## Nanoparticle characterisation



- Unger, W., Hodoroaba, V.-D., Shard, A. (2019) Characterization of nanoparticles: Measurement processes for nanoparticles Elsevier, Amsterdam. Full text

## Nanoparticle synthesis

- Haumesser, P.-H. (2016) Nucleation and growth of metals: From thin films to nanoparticles, Elsevier, Amsterdam. Full text
- Mohan, S., Oluwafemi, S.O., Kalarikkal, N., Thomas, S. (2018) Synthesis of inorganic nanomaterials: Advances and key technologies, Woodhead Publishing, Oxford. Full text
- Sau, Tapan K, Rogach, Andrey L. Complex-shaped metal nanoparticles: bottom-up syntheses and applications, 2012 Wiley-VCH Full Text
- Thomas, Sabu et al. Colloidal Metal Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Applications, 2020 Elsevier Full Text
- Thota, S. and Crans, D.C. (2018) Metal nanoparticles: Synthesis and applications in pharmaceutical sciences, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

1	<b>Module name</b> 45761	<b>Computational Nanoscience</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Computational Nanoscience (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernd Meyer Prof. Dr. Dirk Zahn	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dirk Zahn	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Computational Nanoscience</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in Computational Nanoscience</li> <li>• Wiederholung der quantenmechanischen Grundlagen</li> <li>• Einführung in DFT und HF-Methoden</li> <li>• Anwendungsbeispiele: elektronische Eigenschaften,</li> <li>• IR-Spektroskopie</li> <li>• Semi-empirische Potentiale, Force-Fields</li> <li>• Behandlung langreichweitiger Wechselwirkungen</li> <li>• Algorithmen zur Strukturoptimierung</li> <li>• Nudged Elastic Band Methode</li> <li>• Molekulardynamik</li> <li>• Monte Carlo Methoden</li> </ul> <p><b>Anwendungsbeispiele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung der Struktur und Eigenschaften von Kristalldefekten</li> <li>• Übungen zu Elektronenstrukturrechnungen und Moleküldynamiksimulationen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Anwenden Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die theoretischen Grundlagen von ab-initio und atomistischen Simulationsmethoden</li> <li>• können die Einsatzgebiete und Ergebnisse verschiedener atomistischer Simulationsmethoden bewerten</li> <li>• können professioneller Simulationswerkzeuge und Analysemethoden anwenden</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 2	
9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (45 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	2 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tadmor, Miller: Modeling Materials</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 1999	<b>Master thesis (M.Sc. Nanotechnology 20222)</b>	<b>30 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Abschlussvorträge Masterarbeiten (2 SWS) Seminar: Masterarbeitsabschlussvorträge (2 SWS)	2 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Prof. Dr. Peter Felfer Dr.-Ing. Steffen Neumeier Prof. Dr. Mathias Göken Erik Bitzek	

4	<b>Module coordinator</b>		
5	<b>Contents</b>	<p>Die Masterarbeit dient dazu, die Fähigkeit zu selbstständiger Bearbeitung von wissenschaftlichen Aufgabenstellungen der Nanotechnologie nachzuweisen; sie behandelt in der Regel ein wissenschaftliches Thema aus dem Kernfach. . Die Masterarbeit wird ergänzt durch ein 30 minütiges Referat, in dem die Masterarbeit und deren Ergebnisse vorgestellt werden und eine anschließende Diskussion.</p> <p>.....</p> <p>The master's thesis serves to demonstrate the ability to work independently on scientific tasks in nanotechnology; it usually deals with a scientific 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. Master's thesis and its results are presented and a subsequent discussion.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben die Fähigkeit, eine wissenschaftliche Fragestellung im Bereich der Nanotechnologie über einen längeren Zeitraum zu verfolgen, das entsprechende Fachgebiet selbstständig und innerhalb einer vorgegebenen Frist zu bearbeiten</li> <li>• entwickeln eigenständige Ideen und Konzepte zur Lösung wissenschaftlicher Probleme aus dem der Nanotechnologie</li> <li>• gehen in vertiefter und kritischer Weise mit Theorien, Terminologien, Besonderheiten, Grenzen und Lehrmeinungen um und reflektieren diese</li> <li>• sind in der Lage, geeignete wissenschaftliche Methoden selbständig anzuwenden und weiterzuentwickeln sowie die Ergebnisse in wissenschaftlich angemessener Form darzustellen</li> <li>• können fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht schriftlich und mündlich präsentieren und</li> </ul>	

		<p>argumentativ vertreten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erweitern ihre Planungs- und Strukturierungsfähigkeit in der Umsetzung eines thematischen Projektes</li> </ul> <p>.....</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- acquire the ability to pursue a scientific question in the field of nanotechnology over a longer period of time.</li> <li>over a longer period of time, to work on the corresponding subject area independently and within a given</li> <li>work on the corresponding subject independently and within a given period of time</li> <li>- develop independent ideas and concepts for solving scientific problems in the field of nanotechnology</li> <li>- deal with theories, terminologies, specifics, limitations and opinions in a profound and critical way and reflect on them.</li> <li>and reflect on these theories</li> <li>- are able to independently apply and further develop appropriate scientific methods</li> <li>as well as to present the results in a scientifically appropriate form</li> <li>- are able to present subject-related content clearly and appropriately to the target group, both orally and in writing, and to present them argumentatively</li> <li>- expand their planning and structuring skills in the implementation of a thematic project</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 4
9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes) Written (6 Monate)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (10%) Written (90%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Resit examinations</b>	The exams of this moduls can only be resit once.
14	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 825 h
15	<b>Module duration</b>	1 semester
16	<b>Teaching and examination language</b>	english
17	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 45740	<b>Nanocharakterisierung</b> Nano Characterization	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science and Nanotechnology I (2 SWS)</p> <p>Übung: Scanning Probe Microscopy and Nanomechanics - Excercise (1 SWS)</p> <p>Vorlesung: Scanning Probe Microscopy and Nanomechanics (2 SWS)</p> <p>Vorlesung: Nanospektroskopie (2 SWS)</p>	<p>3 ECTS</p> <p>-</p> <p>3 ECTS</p> <p>3 ECTS</p>
3	Lecturers	<p>Prof. Dr. Erdmann Spiecker</p> <p>PD Dr. Benoit Merle</p> <p>Anna Krapf</p> <p>Hendrik Holz</p> <p>Prof. Dr. Mathias Göken</p> <p>Prof. Dr. Wolfgang Heiß</p> <p>PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk</p>	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	<b>Contents</b>	<p><b>*Elektronenmikroskopie:*</b> Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Grundlagen der Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie und hat zum Ziel, den Teilnehmern die weitreichenden Möglichkeiten der Mikroskopie mit schnellen Elektronen für die Strukturuntersuchung von Materialien aufzuzeigen. Im Rahmen der Vorlesung und den vertiefenden Übungen soll ein fundiertes Verständnis für die Wechselwirkung von schnellen Elektronen mit Materie und die daraus resultierenden Kontrastphänomene in elektronenmikroskopischen Abbildungen und Beugungsbildern erarbeitet werden, das Grundvoraussetzung für eine korrekte Interpretation elektronenmikroskopischer Ergebnisse sowie die Nutzung elektronenmikroskopischer Verfahren in eigenen Forschungsarbeiten darstellt. Im Bereich der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), die den Schwerpunkt der Vorlesung bildet, werden neben der Elektronenbeugung vornehmlich die Verfahren der sog. konventionellen TEM behandelt. Hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) sowie die wichtigsten analytische Verfahren (EDX, EELS) werden in einem nachfolgenden zweiten Teil der Vorlesung (EM II) besprochen.</p> <p><b>*Nanospektroskopie:*</b> - Die Vorlesung gibt einen Überblick über optische Spektroskopie-Methoden die allgemein für Halbleiterstrukturen und im Speziellen für Nanostrukturen verwendet werde. Im Besonderen wir auf drei Themen eingegangen: Nanocharakterisierung über photothermisch indudzierte Resonanz, Nanospektroskopie mit Röntgenstrahlung und Nanospektroskopie über Plasmonen Verstärkung. Gegebenenfalls wird auch Nanoskopie = Mikroskopie mit Auflösung unter dem Beugungslimit vorgestellt. Neben diesen Nanospektroskopie spezifischen Themen werden auch Grundlagen über Wechselwirkung zwischen Licht</p>

		<p>und Materie oder auch grundlegende Beschreibungen von Licht besprochen.</p> <p>*Rastersondenmikroskopie:* Experimenteller Aufbau (Rastersondenmikroskop und Sonden) - Rasterkraftmikroskopie (Betriebsmodi)- Rastertunnelmikroskopie (Tunneleffekt und Betriebsprinzip) - Bilddatenverarbeitung</p> <p>*Nanoindentierung:* Grundlagen der Härteprüfung - Experimenteller Aufbau eines Nanoindenters - Grundlagen der Kontaktmechanik (Sneddon, Hertz) - Oliver-Pharr Auswertemethode - Fortgeschrittene Methoden zur Bestimmung lokaler mechanischer Eigenschaften (Dehnratenabhängigkeit, Fließspannung, theoretische Festigkeit, Dynamische Charakterisierung)</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen mikroskopische Verfahren zur Untersuchung von Materialien auf kleinen Längenskalen</li> <li>• verstehen die vielfältigen Verfahren der Elektronenmikroskopie und deren Anwendung in den Material- und Nanowissenschaften</li> <li>• haben fundierte Kenntnisse über den Einsatz von Rastersondenverfahren</li> <li>• kennen die verschiedenen Methoden der Nanoindentierung und deren Einsatz zur lokalen Untersuchung von mechanischen Materialeigenschaften</li> <li>• verstehen die Einsatzmöglichkeiten hochaufgelöster mikroskopischer Verfahren zur Untersuchung von Nanomaterialien</li> <li>• verstehen vertiefte Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> <li>• haben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen</li> <li>• kennen fortgeschrittene Methoden zur lokalen mechanischen Eigenschaft von Werkstoffen</li> <li>• kennen und verstehen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Licht</li> <li>• verstehen grundsätzliche Wechselwirkungen zwischen Materie und Licht</li> <li>• verstehen die besonderen optischen Eigenschaften von Halbleiter-Nanomaterialien</li> <li>• kennen die Grundzüge der Plasmonik</li> <li>• kennen optische Meßmethoden für die spektroskopische Charakterisierung einzelner Nanostrukturen</li> <li>• haben einen Überblick über höchstauflösende optische Mikroskopie</li> <li>• haben einen Überblick über Anwendungen von optisch relevanten Nanomaterialien</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1

9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 135 h Independent study: 165 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 45865	<b>Wissenschaftliches Projekt</b> Scientific Project	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Hauptseminar M12-MWT/NT WTM (4 SWS, SoSe 2023) 5 ECTS Masterseminar: Seminar Polymerwerkstoffe-Kernfach - ALTE FPO (2 SWS) 5 ECTS Masterseminar: Hauptseminar M12-NT-WW3 (5 SWS) 5 ECTS Seminar: Literature research and working techniques M12-NT-WW3 (5 SWS) 5 ECTS Vorlesung mit Übung: Hauptseminar Mastermodul M12-WW4 LKO (5 SWS) 4 ECTS Vorlesung mit Übung: Literaturrecherche und Arbeitstechniken M12-NT-WW4 (4 SWS) 5 ECTS Hauptseminar: Hauptseminar MWT/NT-M12-WW7 (4 SWS) 5 ECTS Seminar: Hauptseminar MWT/NT M12-WW6 (4 SWS) 5 ECTS Seminar: Literaturrecherche und Arbeitstechniken M12-NT-WW6 (4 SWS) 5 ECTS Kurs: Literature search and scientific working techniques M12-NT-WW5 (0 SWS) -	
3	Lecturers	Peter Randelzhofer Prof. Dr. Marcus Halik Prof. Dr. Dirk Schubert apl.Prof.Dr. Nahum Travitzky Prof. Dr. Kyle Webber PD Dr. Stephan Wolf Prof. Dr. Dominique Ligny PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Ning Li Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann Prof. Dr. Wolfgang Heiß Prof. Dr. Christoph Brabec Dr. Andres Osvet Prof. Dr. Olga Kasian	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Alexandra Haase
5	<b>Contents</b>	Die Studierenden erarbeiten zur Vorbereitung der Masterarbeit eine eigenständige Literaturrecherche in einem relevanten Thema im Bereich der Nanotechnologie. Die Betreuung wird in den jeweiligen Lehrstühlen organisiert. Von den Dozenten werden Themen ausgegeben, zu welchen die Studierenden ihre Rechercheergebnisse in schriftlicher Form darstellen müssen.



		<p>Weiterhin erarbeiten die Studierenden zu dem Thema einen Vortrag in englischer Sprache.  Im Anschluss an den Vortrag (ca. 30 Minuten) steht der Vortragende Rede und Antwort in einer Diskussionsrunde.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftliche Grundlagen sowie spezialisiertes und vertieftes Fachwissen erläutern.</li> <li>• eigene Lernprozesse selbständig gestalten, reflektieren und methodisch erweitern,</li> <li>• eine Literaturrecherche für ein eingegrenztes Thema im Bereich der Nanotechnologie selbständig bearbeiten, zusammenfassen und dieses Thema in schriftlicher Form diskutieren.</li> <li>• einen freien Vortrag zu einem aus der Literatur erarbeiteten Wissensstoffs halten</li> <li>• fachbezogene Grundlagen, Begriffe und Formulierungsweisen in Englischer Sprache anwenden</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3
9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46219	<b>Softskills</b> Soft Skills	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Präsentationstechnik (4 SWS) Vorlesung: Synchrotron Radiation Techniques for Materials Science (0 SWS) Vorlesung mit Übung: Präsentationstechnik Mastermodul M13 WW4-Lehrstuhl für Korrosion und Oberflächentechnik (3 SWS) Vorlesung mit Übung: Presentation module M13 Lehrstuhl Glas und Keramik (3 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Vibrational Spectroscopy of Amorphous To Nucleated To Fully Crystallized Materials (0 SWS)	4 ECTS 2,5 ECTS 4 ECTS 4 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Rebecca Schuster Susanne Michler Dr. Alexandra Haase PD Dr.habil. Tobias Fey Dr. Maria Rita Cicconi	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Alexandra Haase
5	<b>Contents</b>	<p><b>Präsentationstechnik</b> Zu Anfang dieser Lehrveranstaltung werden allgemeine Kenntnisse vermittelt u.a. zu Folien- und Postergestaltung, wissenschaft. 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 können in deutscher oder englischer Sprache gehalten werden. Die genauen Abläufe werden in der Auftaktveranstaltung erklärt.</p> <p><b>Exkursionen</b> In Exkursionen werden verschiedene Aspekte der industriellen Umgebung im Bereich der Werkstofftechnologie oder Nanotechnologie kennengelernt.</p> <p><b>Presentation Technique</b> 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</p>

		<p>papers (12 minutes) or posters. The exact procedures will be explained in the kick-off meeting.</p> <p>Excursions Excursions are used to get to know different aspects of the industrial environment in the field of materials technology or nanotechnology.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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;</li> <li>• können freie Vorträge über aus der Literatur erarbeiteten Wissensstoff halten;</li> <li>• 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;</li> </ul> <p>schärfen durch die Wahlfreiheit der Exkursionen ihr Profil im Hinblick auf ihr angestrebtes zukünftiges Berufsfeld und/oder ihre Persönlichkeit</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• can give free lectures on knowledge material acquired from the literature;</li> <li>• 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;</li> <li>• sharpen their profile with regard to their desired future professional field and/or their personality through the freedom of choice of the excursions.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3
9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	<p>Seminar achievement <b>Organisatorisches:</b></p> <p>Exkursionen werden entweder auf den Homepages oder durch Aushänge der Lehrstühle des Departments Werkstoffwissenschaften angekündigt.</p>

		<b>Ergänzende Informationen zu Studien- und Prüfungsleistungen:</b> <u>Präsentationstechnik:</u> ein Vortrag (20 Min.) <u>2 Exkursionen:</u> Die Nachweise der Exkursionen müssen im SSC des Dep. WW abgegeben werden.
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 45770	<b>Top-Down Nanostrukturierung</b> Top-Down Nanostructuring	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Halbleitertechnik IV - Nanoelektronik (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Lecture Surface Technology (2 SWS, WiSe 2023)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Halbleitertechnologie IV - Optical Lithography: Technology, Physical Effects, and Modelling (2 SWS, SoSe 2023)	-
		Übung: Übung zu Halbleitertechnologie IV - Optical Lithography (2 SWS, SoSe 2023)	-
3	Lecturers	Dr. Michael Jank apl.Prof.Dr. Stefan Rosiwal PD Dr. Andreas Erdmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Michael Jank Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	<b>Contents</b>	<p>*Nanoelectronics*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Principles of solid-state electronics and device physics</li> <li>2. Scaling of MOS transistors</li> <li>3. Short-channel effects</li> <li>4. Tunneling</li> <li>5. MOS memory devices</li> <li>6. Optimization of drain currents</li> <li>7. New Architectures and Materials for Nano-MOS Devices</li> <li>8. Nanowires</li> <li>9. 2D materials for electronics</li> <li>10. Neuromorphic systems</li> <li>11. Integrated quantum electronics</li> </ol> <p>*Coating Technology*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic surface technology processes</li> <li>• Structure of technical surfaces</li> <li>• Properties of the thin-film processes Physical Vapour Deposition (PVD) and Chemical Vapour Deposition (CVD)</li> <li>• State of the art of diamond synthesis (High Pressure High Temperature, Microwave Plasma CVD, Hot-Filament CVD) and applications</li> <li>• Dependence of diamond growth on CVD parameters</li> <li>• Interaction of different substrates (iron, silicon, titanium) with CVD coating conditions</li> <li>• New fields of application</li> </ul> <p>*Optical Lithography*</p> <p>This course reviews different types of optical lithographies and compares them to other methods. The advantages, disadvantages, and limitations of lithographic methods are discussed from different perspectives. Important components of lithographic systems, such as</p>

		<p>masks, projection systems, and photoresist will be described in detail. Physical and chemical effects such as the light diffraction from small features on advanced photomasks, image formation in high numerical aperture systems, and coupled kinetic/diffusion processes in modern chemical amplified resists will be analysed. The course includes an in-depth introduction to lithography simulation which is used to devise and optimize modern lithographic processes.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>*Nanoelectronics*</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the structure and function of nanoelectronic devices</li> <li>• describe the manufacturing methods for nanoelectronic devices</li> <li>• analyze the principal problems arising for devices in the nanometer range</li> <li>• discuss different approaches for future devices</li> <li>• evaluate advantages and disadvantages as well as limitations of current trends and developments in the field of nanoelectronic devices</li> </ul> <p><b>*Coating Technology*</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop a deep understanding of CVD processes</li> <li>• are able to assess the relationships between the process and the microstructure or strength of surface-hardened steels</li> <li>• understand the property potential of CVD diamond coatings for innovative application</li> </ul> <p><b>*Optical Lithography*</b> The goals of this lecture are</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the principles of optical projection lithography</li> <li>• learn how optical resolution enhancements work</li> <li>• get an overview on alternative lithographic techniques</li> <li>• get an introduction to lithography simulation</li> <li>• understand the role of nanoscale light scattering effects</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p><b>*Nanoelectronics*</b> Knowledge from the lectures Semiconductor Devices or Nano IV. <b>*Coating Technology*</b> Basic knowledge of inorganic chemistry, phase diagrams</p>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Pflichtmodul Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	<p>*Nanoelectronics*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Wolf: Silicon Processing for the VLSI Era: Volume 3 The Submicron MOSFET, Lattice Press, 1995</li> <li>• S. Wolf: Silicon Processing for the VLSI Era: Volume 4 Deep-Submicron Process Technology, Lattice Press, 2002</li> <li>• C. Y. Chang, S. M. Sze: ULSI - Technology, MacGraw-Hill, 1996</li> <li>• K. Goser, P. Glösekötter, J. Dienstuhl: Nanoelectronics and Nanosystems, Springer-Verlag, 2004</li> <li>• H. Xiao, Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, Prentice Hall, 2001</li> <li>• R. Waser (ed.): Nanoelectronics and Information Technology: Materials, Processes, Devices, 2. Auflage, Wiley-VCH, 2005</li> </ul>

# General Materials Properties



1	<b>Module name</b> 46201	<b>Angewandte Grundlagen</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Angewandte Grundlagen der Werkstoffwissenschaften 2 (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung: Structural Materials I (2 SWS)	3 ECTS
		Übung: Structural Materials I - Exercise (2 SWS, WiSe 2023)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Angewandte Grundlagen der Werkstoffwissenschaften 2 (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Mathias Göken Prof. Dr. Peter Felfer PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Dr.-Ing. Steffen Neumeier Dr.-Ing. Heena Khanchandani Philip Goik	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Mathias Göken	
5	<b>Contents</b>	<p>*Angewandte Grundlagen I+II, V, 2x2 SWS, 5 ECTS*</p> <p>Blickpunkt steht die Beziehung zwischen Mikrostruktur / Aufbau der Werkstoffe und ihren mechanischen Eigenschaften. Hierzu werden grundlegende Verformungs- und Schädigungsmechanismen besprochen und auf technisch relevante Legierungen übertragen. Die Inhalte im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanische Eigenschaften (Ein- und Vielkristallverformung, Verformungsmechanismen)</li> <li>• Bruchmechanik (Grundlagen, Anwendungen)</li> <li>• mikrostruktureller und atomarer Aufbau auf unterschiedlichen Längenskalen sowie die daraus ableitbare Eigenschaften)</li> <li>• Verbundwerkstoffe</li> <li>• Simulationstechniken und deren Anwendung</li> <li>• Phasenumwandlungen und Ausscheidungskinetik</li> </ul> <p>*Übungen zu Angewandten Grundlagen I+II, 2x2 SWS, 5 ECTS*</p> <p>Anhand von Übungsaufgaben werden die Vorlesungsinhalte der VL Angewandte Grundlagen vertieft. Themenschwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulationstechniken</li> <li>• Verformungsmodelle</li> <li>• Ausscheidungskinetik</li> <li>• Experimentelle Techniken</li> <li>• Bruchmechanik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Fachkompetenz*</p> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> </ul>	

- 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

\*Lern- bzw. Methodenkompetenz\*

Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können:

- Simulationstechniken
- Materialwissenschaftliche Lösungsstrategien

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 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

Learning objectives and competencies:

Technical competence Evaluate (assess).

The students

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them</li> <li>• deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials</li> <li>• can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams</li> <li>• deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms</li> <li>• can develop and verify structure-property correlations</li> <li>• independently evaluate structure-property relationships using examples</li> <li>• understand the processes and properties of materials on different size scales</li> <li>• acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials, characterize different structures</li> <li>• deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and can explain them</li> <li>• apply and evaluate simulation methods and can classify them</li> <li>• deepen the learned contents by exercises and practical training</li> <li>• learn and apply new methods</li> <li>•</li> </ul> <p>Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulation techniques</li> <li>• Material science solution strategies</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Peter Felfer
5	<b>Contents</b>	<p>Eisen- und Stahlwerkstoffe I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Stahlherstellung</li> <li>• Grundlagen der Wärmebehandlungen</li> <li>• Eigenschaften und Anwendung der verschiedenen Stahlklassen</li> <li>• Schweißmetallurgie</li> <li>• Eigenschaften und Anwendungen von Eisengusswerkstoffen</li> </ul> <p>Content: Iron and steel materials I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of steel production</li> <li>• Basics of heat treatments</li> <li>• Properties and application of the different steel classes</li> <li>• Welding metallurgy</li> <li>• Properties and applications of iron casting materials</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe Eisen und Stahl und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> <li>• können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren</li> <li>• vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen bei Stählen</li> <li>• können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen bei Stählen</li> <li>• beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären</li> </ul> <p>*Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen their knowledge of the diverse structural compositions of iron and steel materials and are able to evaluate them</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials</li> <li>◦ can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams</li> <li>◦ deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms of steels</li> <li>◦ can develop and check structure-property correlations for steels</li> <li>◦ independently assess structure-property relationships using examples</li> <li>◦ deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain these relationships.</li> <li>◦ Basic experimental techniques</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46203	<b>Hochtemperaturwerkstoffe</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab course: High-Temperature Materials (3 SWS)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: High-Temperature Materials (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Steffen Neumeier	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Steffen Neumeier	
5	<b>Contents</b>	<p>*Hochtemperaturwerkstoffe und Intermetallische Phasen, V, 2 SWS, 2 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Hochtemperaturverformung</li> <li>• Struktur und Eigenschaften Intermetallischer Phasen</li> <li>• Vorstellung unterschiedlicher Werkstoffgruppen (Nickel- und Cobaltbasis-Superlegierungen, TiAl, FeAl, Oxidationsschutzschichten, Hochtemperaturstähle) mit ihren jeweiligen Eigenschaften und Anwendungen</li> <li>• aktuelle Entwicklungen in diesem Gebiet</li> </ul> <p>*Praktikum, 3 SWS, 3 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausscheidungsvorgänge in Metallen</li> <li>• Diffusionsvorgänge</li> </ul> <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• High temperature materials and intermetallic phases, V, 2 SWS, 2 ECTS</li> <li>• Fundamentals of high temperature deformation</li> <li>• Structure and properties of intermetallic phases</li> <li>• Presentation of different material groups (nickel and cobalt based superalloys, TiAl, FeAl, oxidation protection coatings, high temperature steels...) with their respective properties and applications</li> <li>• current developments in this field</li> </ul> <p>practical course, 3 SWS, 3 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitation processes in metals</li> <li>• Diffusion processes</li> </ul>	
		6	<b>Learning objectives and skills</b>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen und verstehen Vorgänge bei Hochtemperaturbelastung und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für HT-Anwendungen</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz          Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Experimentiertechniken</li> <li>• Grundlegende Mikroskopiertechniken</li> </ul> <p>Learning objectives and competences:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technical competence Evaluate (judge) The students</li> <li>• deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them</li> <li>• deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials</li> <li>• deepen their knowledge of mechanical properties and material behavior at high temperatures</li> <li>• deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain them</li> <li>• deepen their knowledge through exercises and practical training</li> <li>• learn and apply new methods</li> <li>• learn and understand processes at high temperatures and evaluate criteria for the selection of materials and coatings for HT applications</li> </ul> <p>Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic experimental techniques</li> <li>• Basic microscopy techniques</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Steffen Neumeier
5	<b>Contents</b>	<p>Quantitative Gefügeanalyse, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Quantitative Gefügeanalyse und die dazugehörigen Meßmethoden</li> <li>• Auswertemethoden</li> <li>• Grundlagen der Statistik</li> <li>• Praktische Anwendung von Image C</li> </ul> <p>Röntgenmethoden in der Materialanalyse, V, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Röntgen-/Synchrotron-/Neutronenbeugung</li> <li>• Experimentelle Methoden</li> <li>• Anwendung in der Materialanalyse (Gitterkonstantenbestimmung, Spannungsanalyse, Texturanalyse,)</li> </ul> <p>Anforderungen der Industrie an einen Werkstoffingenieur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen industrieller Planungen im Werkstoffumfeld</li> <li>• Industrielle Lösungsstrategien bei Werkstofffragestellungen</li> <li>• Industrielle Charakterisierungsverfahren</li> </ul> <p>Quantitative Microstructural Analysis, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to quantitative microstructure analysis and the corresponding measuring methods</li> <li>• Evaluation methods</li> <li>• Basics of statistics</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical application of Image C</li> </ul> <p>X-ray methods in materials analysis, V, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of X-ray/synchrotron/neutron diffraction</li> <li>• Experimental methods</li> <li>• Application in material analysis (determination of lattice constants, stress analysis, texture analysis,...)</li> </ul> <p>Fundamentals of Failure Analysis, V+Ü+P 0.5+1+0.5 SWS, 0.5+1+0.5 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic procedure of damage analysis</li> <li>• Damage hypotheses</li> <li>• Case studies from practice</li> <li>• Practical test to deepen the contents</li> </ul>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> <li>• beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen</li> <li>• erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukturen</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen Grundlagen der Schadensanalyse, wenden diese an Beispielfällen an und stellen Schadenshypothesen auf</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Experimentiertechniken</li> <li>• Quantitative Gefügeanalyse</li> <li>• Grundlegende Methoden der Röntgenbeugung</li> </ul> <p>Technical competence Evaluating (assessing) Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them</li> <li>• deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials</li> <li>• independently assess structure-property relationships using examples</li> <li>• acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials and characterize different structures</li> <li>• deepen the learned contents by exercises and practical training</li> <li>• learn and apply new methods</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>learn the basics of damage analysis, apply them to example cases and establish damage hypotheses</li> </ul> <p>Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic experimental techniques</li> <li>Quantitative microstructure analysis</li> <li>Basic methods of X-ray diffraction</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46202	<b>Mikro- und makroskopische mechanische Eigenschaften</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung: Mikro- und Nanomechanik (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung mit Übung: Atomsondenmikroskopie_School (1 SWS) 1 ECTS</p> <p>Vorlesung: Ermüdungsverhalten von Metallen und Legierungen (1 SWS, SoSe 2023) 1,5 ECTS</p> <p>Vorlesung: Scanning Probe Microscopy and Nanomechanics (2 SWS, WiSe 2023) 3 ECTS</p> <p>Praxisseminar: Experimentelle Methoden in den Werkstoffwissenschaften (1 SWS) 1 ECTS</p> <p>Praktikum: Lab-course: Fatigue Behaviour of Metals &amp; Fracture Mechanics (0 SWS, WiSe 2023) -</p>	
3	Lecturers	PD Dr. Benoit Merle Prof. Dr. Peter Felber PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Prof. Dr. Mathias Göken	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel	
5	<b>Contents</b>	<p>*Atomsondentomographie mit Übung*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Atomsondentomographie</li> <li>• Physikalische Grundlagen der APT</li> <li>• Prinzip und Gerätelimitationen</li> <li>• Auswertwertemethoden</li> <li>• praktische Durchführung</li> </ul> <p>* Ermüdungsverhalten von Metallen und Legierungen, V, 1 SWS, 1 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Wechselverformung und der Dauerschwingfestigkeit metallischer Werkstoffe</li> <li>• Bedeutung in der Praxis</li> <li>• Durchführung der Ermüdungsversuche</li> <li>• zyklisches Verformungs- und Sättigungsverhalten, zyklisches Gleitverhalten, ermüdungsinduzierte Gefügeänderungen</li> <li>• Bildung und Ausbreitung von Ermüdungsrissen,</li> <li>• Ermüdungslebensdauer</li> <li>• Multiamplitudenbelastung</li> <li>• Weitere spezielle Ermüdungsthemen</li> </ul> <p>*Praktikum Ermüdungsverhalten und Bruchmechanik, 1 SWS, 1 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuche zum zyklischen Verformungsverhalten</li> <li>• Bruchmechanisches Verhalten von Werkstoffen</li> </ul> <p>*Praktikumsseminar: Experimentelle Methoden, SWS, 1 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Experimentelle Methoden</li> <li>• Temperaturmessung</li> <li>• Kraft-Dehnungsmessung</li> <li>• Vakuumtechnik</li> <li>• PID-Regler</li> </ul>	

6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)*  Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> <li>• vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen</li> <li>• vertiefen ihr Wissen zu Struktur-Eigenschaftskorrelationen</li> <li>• beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen</li> <li>• verstehen die Vorgänge und Eigenschaften von Werkstoffen auf verschiedenen Größenskalen</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen, wenden an und beurteilen Vorgängen bei zyklischer Verformung</li> <li>• erlernen, vertiefen und beurteilen bruchmechanische Vorgänge</li> <li>• verstehen die Grundlagen der Biomechanik, wenden ihr Wissen an und beurteilen an entsprechenden Praxisbeispielen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46204	<b>Tribologie und Oberflächentechnik</b>	<b>5 ECTS</b>
2	<b>Courses / lectures</b>	Praktikum: Praktikum: Tribologie (2 SWS, SoSe 2023) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbereitungspraktika in Mastermodulen WW 1 inkl. Sicherheitsbelehrung (0 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Grundlagen der Schadensanalyse an Bauteilen (2 SWS, SoSe 2023) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbereitungspraktika der Lehrveranstaltungen WW I (0 SWS) Vorlesung mit Übung: Werkstoffe: Tribologie und Oberflächentechnik (2 SWS, SoSe 2023) Praktikum: Praktikum Schadensanalyse (0 SWS)	3 ECTS - 3 ECTS - 2 ECTS -
3	<b>Lecturers</b>	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Prof. Dr. Peter Weidinger	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel	
5	<b>Contents</b>	* Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 3 ECTS* <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschichtungstechnologien</li> <li>• Grundlagen der Tribologie</li> <li>• Verschleißmechanismen</li> <li>• Einführung in die Oberflächentechnik</li> </ul> * Praktikum: Tribologie, 2 SWS, 2 ECTS* * Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum* <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse</li> <li>• Schadenshypothesen</li> <li>• Schadensabhilfemaßnahmen</li> <li>• praktische Fallbeispiele</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	* Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge</li> <li>• vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen</li> </ul>	

7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46248	<b>Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum: Tribologie (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Grundlagen der Schadensanalyse an Bauteilen (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Werkstoffe: Tribologie und Oberflächentechnik (2 SWS, SoSe 2023)	2 ECTS
		Praktikum: Praktikum Schadensanalyse (0 SWS)	-
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Prof. Dr. Peter Weidinger	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel	
5	<b>Contents</b>	<p>*Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 3 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschichtungstechnologien</li> <li>• Grundlagen der Tribologie</li> <li>• Verschleißmechanismen</li> <li>• Einführung in die Oberflächentechnik</li> </ul> <p>* Praktikum:Tribologie, 2 SWS, 2 ECTS*</p> <p>*Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse</li> <li>• Schadenshypothesen</li> <li>• Schadensabhilfemaßnahmen</li> <li>• praktische Fallbeispiele</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge</li> <li>• vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222	

10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	
16	<b>Bibliography</b>	



# Materials Science and Engineering for Metals

1	<b>Module name</b> 46213	<b>Additive Fertigung</b> Additive Manufacturing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab course Additive Manufacturing (3 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Lecture Additive Manufacturing (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlage der generativen Fertigung</li> <li>• Methoden der additiven Fertigung</li> <li>• Werkstoffphänomene bei der additiven Fertigung</li> <li>• Epitaktische Erstarrung</li> <li>• Rissbildung</li> <li>• Charakterisierung additiv gefertigter Bauteile</li> <li>• Legierungsentwicklung für die additive Fertigung</li> <li>• praktische Arbeiten aus dem Bereich additive Fertigung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die unterschiedlichen Methoden der additiven Fertigung einordnen.</li> <li>• erkennen die technischen Herausforderungen bei der additiven Fertigung und beim Feingießen</li> <li>• erkennen die Besonderheiten der additiven Fertigung hinsichtlich Gefügeausbildung und Bauteileigenschaften.</li> <li>• durchdringen die Erstarrungsvorgänge bei der additiven Fertigung</li> <li>• lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 46214	<b>Metallische Werkstoffe im Automobilbau</b> Materials in Automobil Engineering	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: High Pressure Die Casting (1 SWS)	0,5 ECTS
		Vorlesung: Metallic Materials in Automobil Engineering (2 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: High Pressure Die Casting (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausforderungen für die Automobilindustrie</li> <li>• Fahrzeugentstehungsprozess</li> <li>• Anforderungen, Werkstoffe und besondere Lösungen für Karosserie, Fahrwerk und Motoren</li> <li>• Strategie der Werkstoffauswahl</li> <li>• Druckgießen als typisches Fertigungsverfahren (Druckgussmaschine, Druckgusslegierungen, Herausforderungen)</li> <li>• praktische Arbeiten zum Thema Druckgießen</li> <li>• Simulation der Formfüllung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein Verständnis für relevante Arbeitsmethoden der Automobilindustrie</li> <li>• können die Auswahl geeigneter Werkstoffe für bestimmte Anwendungen erklären</li> <li>• sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess bzw. Prozessparameter und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Gussteile zu beurteilen.</li> <li>• können die Ergebnisse von numerischen Simulationen bewerten.</li> <li>• lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46212	<b>Metallische Werkstoffe: Neue Prozesse, Technologien und Werkstoffe</b> Metallic Materials: New Processes, Technologies and Materials	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Lecture Metallic Materials: Technology 2 (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Lecture Metallic Materials: Technology 1 (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	apl.Prof.Dr. Stefan Rosiwal Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner Dr.-Ing. Christopher Zenk	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen Prozess und Gefügeausbildung</li> <li>• Wiederholung der Grundlagen zu den Stählen und Vorstellung neuartiger, hochfester Stähle und Stahlleichtbau</li> <li>• Einführung in spezielle Verfahrenstechnologien</li> <li>• Vorstellung der Werkstoffgruppen Refraktärmetalle, Metallische Gläser, Komposite, zelluläre Materialien (Erzeugung, Verarbeitung, wichtige Legierungen, Anwendung und neue Entwicklungen); bei Vorgängen von besonderer praktischer Bedeutung Verknüpfung mit den metallphysikalischen Grundlagen.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethoden.</li> <li>• können Entwicklungsfelder spezieller metallischer Werkstoffe einordnen.</li> <li>• erwerben ein tiefes Grundlagenverständnis und können Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen klassifizieren.</li> <li>• lernen spezielle Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse kennen und können diese differenzieren.</li> <li>• erhalten einen tiefgehenden Einblick in spezielle metallische Werkstoffsysteme und sind in der Lage, vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen eine Werkstoffauswahl zu treffen.</li> <li>• sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Herstellung und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Werkstoffe zu beurteilen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	

12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46211	<b>Metallische Werkstoffe: Grundlagen und Technologien</b> Metallic Materials: Principles and Technologies	<b>10 ECTS</b>
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 2023)	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	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Phasen- und Gefügeumwandlung</li> <li>• Zusammenhang zwischen Prozess und Gefügeausbildung</li> <li>• Einführung in die Simulation von Thermodynamik, Kinetik und Formfüllung, ergänzt durch eigene Programmierarbeiten</li> <li>• Einführung in wichtige Verfahrenstechnologien (Gießen, Umformen, Pulvermetallurgie und Fügen)</li> <li>• 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.</li> <li>• Werkstoffeigenschaften und -prüfung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein Verständnis für industrierelevante Arbeitsmethoden.</li> <li>• können wesentliche Entwicklungsfelder metallischer Werkstoffe einordnen.</li> <li>• erwerben ein tiefes Grundlagenverständnis und können Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf allen Größenskalen klassifizieren.</li> <li>• lernen wesentliche Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse kennen und können diese differenzieren.</li> <li>• 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.</li> <li>• lernen wesentliche Methoden der Werkstoffcharakterisierung bzw. -prüfung kennen und sind fähig, geeignete Prüfverfahren</li> </ul>	

		<p>auszuwählen und die Qualität von Messergebnissen zu hinterfragen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen verschiedenen Simulationstools und können die Einsatzmöglichkeiten von Prozess- und Werkstoffsimulation beurteilen.</li> <li>• sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Herstellung und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Werkstoffe zu beurteilen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vorlesung Werkstoffkunde und Technologie der Metalle aus dem 5. Semester B.Sc
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	van Vlack: Materials Science for Engineers  Dieter: Mechanical Metallurgy  Kurz/Fisher: Fundamentals of Solidification



1	<b>Module name</b> 46216	<b>Pulvermetallurgie</b> Powder Metallurgy	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab course Powder Metallurgy (3 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Powder Metallurgy (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulverherstellung</li> <li>• Pulvercharakterisierung</li> <li>• Pressen und Sintern</li> <li>• spezielle Sintermethoden und alternative Konsolidierungsmethoden (Additive Fertigung, PM-Spritzguss)</li> <li>• Anwendungen (Hartmetalle und Beschichtungen)</li> <li>• praktische Arbeiten zum Thema Pulvermetallurgie und Schäumen von Metallen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein Verständnis für industrielle Arbeitsmethoden.</li> <li>• können die unterschiedlichen Prozessschritte der Pulvermetallurgie einordnen.</li> <li>• durchdringen den Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Eigenschaften von gesinterten Bauteilen.</li> <li>• lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>		

# Glass and Ceramics

1	<b>Module name</b> 46223	<b>Funktionskeramiken I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics I: electrical properties (2 SWS) Vorlesung: Neuer Master: WS-Funktionskeramik I (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Webber Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	<p> 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.</p> <p> 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*</p> <p> 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.</p> <p> 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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen den Aufbau, die Herstellung, die Eigenschaften von Funktionskeramiken</li> <li>• können diese charakterisieren</li> <li>• kennen deren Anwendung für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt .</li> <li>• haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische und mechanische Eigenschaften</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>haben vertiefte Kenntnisse in den Prozessen zur Herstellung von Keramiken sowie der Methoden zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften</li> </ul> <p>*English*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>know the structure, the production, the properties of functional ceramics</li> <li>can characterize them</li> <li>know their application for activities in the institutional and industrial environment with this material focus .</li> <li>have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical and mechanical properties</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46224	<b>Funktionskeramiken II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques (2 SWS, SoSe 2023)  Übung: Exercise functional ceramics II: Structural Analysis (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS  -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Webber	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur mikrostrukturellen Charakterisierung von Keramiken mittels Beugungsmethoden.</li> <li>• haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften</li> <li>• verstehen die Einflüsse der Struktur und Gefüge auf elektromechanische Eigenschaften</li> <li>• wissen und verstehen wie Beugungstechniken funktionieren und welche grundlegenden Modelle für die Analyse zur Verfügung stehen</li> <li>• können mit passender Software umgehen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46225	<b>Funktionskeramiken III</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Neuer Master: WS-Übung für Funktionskeramiken III: Mechanische Eigenschaften (2 SWS)  Vorlesung mit Übung: Mechanical Properties and Fracture of Ceramics (2 SWS)	2 ECTS  -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Webber Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	<p> Mechanical Properties and Fracture of Ceramics  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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 transformation, 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.</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die Ursprünge der mechanischen Eigenschaften von Keramiken kennen</li> <li>• verstehen, wie sich keramische Werkstoffe nichtlinear, hysteretisch oder plastisch verformen können und wie dies das Bruchverhalten beeinflussen kann</li> <li>• erlernen der Grundlagen der linear-elastischen Bruchmechanik, insbesondere der Hintergründe der Energiefreisetzungsrate und des Spannungsintensitätsfaktors</li> <li>• verstehen Bruchflächen zur Analyse der Bruchentstehung genutzt werden können</li> <li>• verstehen, woe Risse unterkritisch wachsen können und können diese charakterisieren</li> </ul>

		<p>*English*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn the origins of the mechanical properties of ceramics</li> <li>• understand how ceramic materials can deform nonlinearly, hysteretically, or plastically and how this can affect fracture behavior</li> <li>• learn the fundamentals of linear elastic fracture mechanics, especially the background of the energy release rate and stress intensity factor</li> <li>• understand fracture surfaces can be used to analyze fracture initiation</li> <li>• understand where cracks can grow subcritically and be able to characterize them</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	<b>Contents</b>	<p> Optical properties of glasses </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental concepts: The electromagnetic spectrum and units, Absorption, Luminescence, Scattering</li> <li>• Optical transparency of solids: Optical magnitudes and the dielectric constant, The Lorentz Oscillator, Metals, Semiconductors and insulators, Excitons, Reflection and polarization</li> <li>• Optical glasses: Optical aberration and solutions, Dispersion properties and composition</li> <li>• Colors in glasses: The eye, Optically Active Centers, Transition metals in glasses, Metallic and Chalcogenide nanoparticles</li> <li>• Chromism: Thermochromism, Photochromism, Gasochromism, Electrochromism</li> <li>• IR glasses: Chalcogenide, Fluorite glasses</li> <li>• Optical Fibers: Principle, Manufacturing, Applications, Photonic fibers</li> </ul> <p> Vibrational spectroscopies, from theory to practice  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nature of vibrations inside matter</li> <li>• Interaction light matter</li> <li>• Instrumentation</li> <li>• Raman application</li> <li>• Infrared Spectroscopy</li> <li>• Advanced technics</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p> Spectroscopy techniques applied to amorphous materials   The students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the solid state physic background link to the optical properties of all type of materials</li> <li>• Be able to explain the different ways to create colors</li> <li>• Choose the appropriate glass compositions to realize optical device in the infrared region</li> <li>• Have an overview of the different technologies link to light management</li> <li>• Know the different parameters that define an Optical glass fiber and choose them in regard of the attended application</li> </ul> <p> Vibrational spectroscopies, from theory to practice  The student will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand in a comprehensive way the solid state physic background link to these spectroscopies</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Know the different parts of a spectrometer and their characteristic parameter</li> <li>• Exercise himself to set the parameters of an observation and run the measurements</li> <li>• Treat the data by applying the needed corrections</li> <li>• Evaluate the data using peak fitting, momentum calculations and Principal Component Analysis</li> <li>• Deduce information on the structure of common glasses</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german german or english english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46229	<b>Glas II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Glass formulation using project management (2 SWS, SoSe 2023)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Dominique Ligny	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p> <p>Glass and Ceramic for Energy-technology:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials and energy</li> <li>• Solar Energy</li> <li>• Solar Thermal</li> <li>• Photovoltaic Energy</li> <li>• Insulation</li> <li>• Wind Energy</li> <li>• Nuclear waste glass storage</li> <li>• Energy in glass processing</li> <li>• Fuel Cell and Ion conductivity</li> <li>• Lighting LED and LASER REE technology</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Glass formulation using project management The student will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learn the different concept used in project management as well as its specific vocabulary</li> <li>• Practice the project management in a small team</li> <li>• Use the different tools of project management</li> <li>• Go from an application to the conception of a product</li> </ul> <p>Glass and Ceramic for Energy-technology The student will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the global environmental issues related to the use of glasses for:</li> <li>• Nonrenewable energy sources</li> <li>• Renewable energy sources</li> <li>• Energy efficiency</li> <li>• Energy storage</li> <li>• Know the improvement needed in the future</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Look for solution by linking the expected performance to the glass properties</li> <li>• Be able to choose the good glass composition, production and shaping processes</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	<p> Physikalisch-chemische Grundlagen von Glas und Keramik I: Equilibrium systems  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomic bonds</li> <li>• Common crystal structures</li> <li>• Volume, thermal expansion and compressibility</li> <li>• Heat capacity and entropy</li> <li>• Solutions</li> <li>• Phase diagrams</li> <li>• Homogeneous systems</li> <li>• Heterogeneous systems</li> <li>• Phase transition</li> </ul> <p> Mechanokeramik </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keramik als Konstruktionswerkstoff</li> <li>• Festigkeit (bruchmechanische Grundlagen, Berechnungskonzeptionen)</li> <li>• Konstruieren (Grundlagen, keramische Bauteile, lösbare Verbindungen)</li> <li>• Bearbeiten (abrasive und nichtabrasive Verfahren)</li> <li>• Verbindungstechnik (form-, kraft- und stoffschlüssige Verbindungen)</li> <li>• Bauteilprüfung (proof test, zerstörungsfreie Prüfverfahren)</li> <li>• Werkstoffe und Anwendungen</li> <li>• Oxidkeramiken (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>TiO<sub>5</sub>, Al<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>13</sub>, Mg<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>Si<sub>5</sub>O<sub>18</sub>)</li> <li>• Nichtoxidkeramiken (C, B<sub>4</sub>C, SiC, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN)</li> <li>• Faserverbundkeramik</li> </ul> <p> Physikalisch-chemische Grundlagen von Glas und Keramik II: Non-equilibrium systems </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Time related properties:</li> </ul>

- 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]

- 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 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ ,  $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ )
- Non-oxide ceramics (C,  $\text{B}_4\text{C}$ , SiC,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , 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]

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• High temperature processes in polycrystalline ceramics (basics of sintering, diffusion mechanisms, defects)</li> <li>• Microstructure control (sintering parameters, composition effects)</li> <li>• Influence of microstructure on physical properties</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen des strukturellen Aufbaus von Gläsern und Keramiken und der damit verbundenen Grundeigenschaften sowie der Einteilung nichtmetallisch-anorganischer Werkstoffklassen</li> <li>• vertiefen die wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse auf dem Gebiet der mechanischen Eigenschaften von Gläsern und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld.</li> <li>• verstehen die Thermodynamik und die Zustandsdiagramme dieser Werkstoffklassen</li> <li>• können die Eigenschaften nichtmetallisch-anorganischer Werkstoffe im Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung, Aufbereitung, Struktur und Gefüge bewerten</li> <li>• können selbständig über Werkstoffauswahl vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen entscheiden</li> </ul> <p>*English*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• deepen the scientific and practical knowledge in the field of mechanical properties of glasses and ceramics for activities in institutional and industrial environments.</li> <li>• understand the thermodynamics and the state diagrams of these classes of materials</li> <li>• can evaluate the properties of non-metallic inorganic materials in relation to chemical composition, preparation, structure and microstructure</li> <li>• can independently decide on material selection against the background of application profiles</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 46222	<b>Keramische Werkstoffe: Prozessierung und Eigenschaften</b>	<b>5 ECTS</b>
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	PD Dr.habil. Tobias Fey Dr. Maria Rita Cicconi Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny
5	<b>Contents</b>	Processing of Ceramics  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Halbleiter und Leiter (Defektstrukturen, Dotierung)</li> <li>◦ Anwendungsbeispiele</li> <li>◦ 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</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Glas und Keramik: optische, elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften</li> <li>◦ erlernen die Prozesse zur Herstellung von Gläsern und Keramiken sowie die Methoden zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften</li> <li>◦ 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</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46226	<b>Porous and cellular Ceramics I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Thermal and mechanical characterisation (2 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Neuer Master: WS-Microstructural characterization (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.habil. Tobias Fey	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey
5	<b>Contents</b>	<p> Microstructural characterization  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturelle Charakterisierung poröser und zellulärer Keramiken durch den Einsatz gängiger Methoden wie He-Pyk, Hg-Porosimetrie, <math>\mu</math>CT, SEM, Permeabilität</li> <li>• Einsatz von Bildanalyse und Simulationen zur Strukturparameterberechnung wie Zellgröße, Stegbreite, Anisotropie, Interkonnektivität und Tortuosität</li> <li>• Strukturelle Besonderheiten poröser Werkstoffe</li> </ul> <p> Thermal and mechanical characterisation  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung thermischer / mechanischer Eigenschaften an porösen und zellulären Werkstoffen</li> <li>• Bestimmung des Einflusses der Porosität, Porenform und Porenform auf die physikalischen Eigenschaften</li> </ul> <p>*English*</p> <p> Microstructural characterization </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structural characterization of porous and cellular ceramics by using common methods such as He-Pyk, Hg-porosimetry, <math>\mu</math>CT, SEM, permeability</li> <li>• Use of image analysis and simulations to calculate structural parameters such as cell size, web width, anisotropy, interconnectivity and tortuosity</li> <li>• Structural features of porous materials</li> </ul> <p> Thermal and mechanical characterization </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of thermal / mechanical properties of porous and cellular materials</li> <li>• Determination of the influence of porosity, pore shape and pore form on physical properties</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen die Auswahl von Charakterisierungsmethoden und deren Einsatz sowie Grenzen der Anwendbarkeit der Untersuchungsmethoden und Algorithmen</li> <li>• Entscheiden die Auswahl der Charakterisierungsmethodik vor dem Hintergrund der Einsatzgrenzen</li> <li>• Vermitteln der notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur Charakterisierung von porösen und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Vertiefen das Verständnis über die Mikrostruktur poröser und zellulärer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die physikalischen Eigenschaften</li> </ul> <p>*English*</p> <p>Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Learn the selection of characterization methods and their use as well as limits of applicability of the investigation methods and algorithms</li> <li>Decide the choice of characterization methodology in the light of the limits of application</li> <li>Provide the necessary scientific and practical knowledge to characterize porous and ceramics for activities in institutional and industrial settings with this material focus.</li> <li>Deepen understanding of the microstructure of porous and cellular ceramic materials and its effect on physical properties.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46227	<b>Porous and cellular Ceramics II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Porous and cellular Ceramics for engineers (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Porous and cellular applications (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS -
3	Lecturers	PD Dr.habil. Tobias Fey	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey
5	<b>Contents</b>	<p>Porous and cellular Ceramics for engineers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und Struktur poröser und zellulärer Keramiken über unterschiedliche Längenskalen</li> <li>• Herstellungsverfahren poröser und zellulärer Keramiken über konventionelle bis hin zu additiven Verfahren</li> <li>• Physikalische Eigenschaften in Abhängigkeit von der Porosität, Porenform und Porenart</li> <li>• Anwendungsgebiete poröser und zellulärer Strukturen insbesondere a) Leichtbau, b) Katalyse, c) Energie und d) Scaffolds</li> </ul> <p>Porous and cellular applications</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktische Herstellung keramische poröse Scaffolds über unterschiedliche in der Vorlesung behandelte Verfahren</li> <li>• Variation der Herstellungsparameter zur Modifikation der Mikrostruktur und Porenform und -art für den jeweiligen Anwendungsbereich (offen- / geschlossenzellig)</li> <li>• Durchführung von anwendungsnahen Untersuchungen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen der notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen zur Struktur und Aufbau sowie Herstellung und Anwendung von porösen und zellulären Keramiken</li> <li>• intensivieren Ihr Wissen über die Herstellung poröser und zellulärer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die strukturellen und physikalischen Eigenschaften</li> <li>• lernen die Auswahl von Werkstoff- und Verfahren vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen anhand von Beispielen anzuwenden</li> <li>• vertiefen die wissenschaftlichen Grundlagen in anwendungsnahen Untersuchungen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester

13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46233	<b>Seminar modul</b>	<b>5 ECTS</b>
2	<b>Courses / lectures</b>	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) Seminar: Main Seminar (Hauptseminar) M12 (2 SWS)	- - 0,5 ECTS -
3	<b>Lecturers</b>	Prof. Dr. Kyle Webber PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny PD Dr. Stephan Wolf apl.Prof.Dr. Nahum Travitzky	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Webber PD Dr. Stephan Wolf
5	<b>Contents</b>	Science Seminar with reports on scientific projects <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vortragende aus der Industrie berichten aktuelle wissenschaftliche Themen und Projekte Literature seminar Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Papers in Form eines Vortrages und eines Posters</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen Ihre Kenntnisse über Präsentationstechniken</li> <li>• erlernen die Recherche von Literatur durch den Einsatz von Datenbanken</li> <li>• verstehen den inhaltlichen Aufbau von wissenschaftlichen Vorträgen und Berichten und können dies umsetzen</li> <li>• erlernen die Erstellung von wissenschaftlichen Postern und Berichten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Achievement credit
11	<b>Grading procedure</b>	Achievement credit (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 105 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



# Surface Science and Corrosion

1	<b>Module name</b> 46236	<b>Grundlagen der Elektrochemie - Vertiefung</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Practical Seminar Photokatalysis (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Photocatalysis: Fundamentals and applications (2 SWS, SoSe 2023)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Dr. Alexander Tesler Dr. Pablo Jiménez Calvo	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	<b>Contents</b>	<p>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 Reaktionsabläufen 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.</p> <p>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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Basics Electrochemistry Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• definieren und wenden rechnerisch thermodynamischer Grundbegriffe und Modelle an (Enthalpie, Entropie, Gibbs-Energie, chemische Gleichgewichte).</li> <li>• vergleichen verschiedene Elektrolyte (Wässrige Lösungen, Organische Lösungen, Festphasenelektrolyte. Vergleichen verschiedener Elektrodenarten und deren Elektrodenpotential.</li> <li>• wenden die Nernst-Gleichung an.</li> <li>• definieren elektrochemische Systeme (Elektrolysezellen, Galvanische Zellen).</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern Elektroden/Elektrolyt-Grenzflächen (elektrochemische Doppelschicht).</li> <li>• verstehen die Zusammenhänge von Reaktionsraten und Stromstärke und können diese diskutieren.</li> <li>• bewerten die Kinetik von Elektrodenreaktionen (stofftransportkontrolliert, ladungsdurchtrittskontrolliert, reaktionskontrolliert).</li> </ul> <p>leiten die Butler-Volmer-Gleichung her.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die theoretischen Grundlagen instrumenteller Techniken und technologischer Anwendungen (Brennstoffzellen, Batteriesysteme, elektrochemische Bauteile und Anwendungen). 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).</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Belegung der Module M1, M6 oder M8. Immatrikulation im MA-Studium.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Vorbereitende Literatur Wird im Zuge der Lehrveranstaltung vorgestellt.

1	<b>Module name</b> 46237	<b>Oberflächenanalyse I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung Surface Analysis I (1 SWS) Vorlesung: Surface Analysis I/II (2 SWS) Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS, SoSe 2023)	1 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Michael Höhlinger Prof. Dr. Patrik Schmuki Dr. Anca Valentina Mazare	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	<b>Contents</b>	<p>*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.</p> <p>*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.</p>

		<p>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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Surface Analysis I + II (VI+Ü): Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen fundamentaler Konzepte im Bereich Kristallographie</li> <li>• können Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung kritisch diskutieren</li> <li>• verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS</li> <li>• kennen verschiedener Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD.</li> <li>• verstehen das Prinzip des Sol-Gel Prozesses</li> <li>• kennen die Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen</li> <li>• kennen und verstehen Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien</li> </ul> <p>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.</p> <p>Seminar Surface Science and Corrosion Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden wissenschaftlicher Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele)an</li> <li>• haben Erfahrung bezüglich des Ablaufs und der Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen.</li> <li>• besitzen Softskills als Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere</li> </ul> <p>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.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222</p> <p>Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222</p>

10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Vorbereitende Literatur Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 46238	<b>Oberflächenanalyse II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS, SoSe 2023) Übung: Übung Surface Analysis II (1 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Surface Analysis II (2 SWS, SoSe 2023)	- 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Anca Valentina Mazare	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	<b>Contents</b>	<p>*Surface Analysis I + II (VI+Ü)*</p> <p>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.</p> <p>*Seminar Surface Science and Corrosion*</p> <p>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.</p> <p>The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course</p>

		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	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Surface Analysis I + II (VI+Ü): Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben fundamentale Konzepte im Bereich Kristallographie.</li> <li>• diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung.</li> <li>• verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS.</li> <li>• kennen verschiedene Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD.</li> <li>• verstehen den sol-gel Prozesses und können ihn wiedergeben.</li> <li>• kennen verschiedene Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen.</li> <li>• können Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien kritisch diskutieren.</li> </ul> <p>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.</p> <p>Seminar Surface Science and Corrosion Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden wissenschaftliche Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele) an.</li> <li>• haben Erfahrung in Bezug auf Ablauf und Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen.</li> <li>• erwerben Softskills (Vortragsdarstellung / Diskussion) zur Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere.</li> </ul> <p>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.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Belegung des Wahlmoduls 2: Oberflächenanalyse I Immatrikulation im MA-Studium
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222



		Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 46234	<b>Oberflächentechnik und Elektrochemie</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Corrosion Science (2 SWS) 3 ECTS Vorlesung: Basics Electrochemistry I (2 SWS) 3 ECTS Übung: Berechnung von Korrosionsproblemen (2 SWS) 1 ECTS Vorlesung: Surface Modification techniques (2 SWS) 3 ECTS Übung: Übung Basics Electrochemistry I (1 SWS, WiSe 2023) 1 ECTS	
3	Lecturers	Michael Strebl Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Pablo Jiménez Calvo Sebastian Hagen Prof. Dr. Patrik Schmuki Michael Höhlinger Lucia Prado	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	<b>Contents</b>	<p>*Advanced Corrosion Science*</p> <p>Recap of fundamental background in electrochemistry and corrosion</p> <p>Introduction to advanced methods in corrosion science:</p> <p>Electrochemical methods (Polarization curve, EIS, EC noise)</p> <p>Local techniques (SVET, SKP, SIET, LEIS)</p> <p>Non electrochemical techniques: Respirometry, mass loss, solution analysis, resistance method</p> <p>Surface analysis (SEM, TEM, EDX, XPS, Auger, ToF SIMS, GDOES, atom probe analysis)</p> <p>Discussion of current issues in corrosion science:</p> <p>Biodegradable metals</p> <p>Passive films und localized corrosion</p> <p>Atmospheric corrosion</p> <p>Corrosion in nuclear waste repositories</p> <p>Corrosion of advanced materials: AM, BMG, high entropy alloys und ultrafine-grained materials</p> <p>Drinking water corrosion, microbially induced corrosion, cathodic protection</p> <p>Inhibitors und smart coatings</p> <p>Mg und Al corrosion</p> <p>Corrosion Modelling, DFT</p> <p>(Corrosion in) Electrochemical energy storage and conversion</p> <p>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.</p> <p>*Surface Modification Techniques*</p> <p>Innerhalb der Materialwissenschaften kommt der Oberflächenmodifikation entscheidende Bedeutung zu.</p>

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 Reaktionsabläufen 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

		<p>Elektrochemie zu verstehen und erläutert grundlegende Methoden und Arbeitsweisen um elektrochemische Reaktionen und darauf basierende Anwendungen zu verstehen.</p> <p>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.</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>*Advanced Corrosion Science*</p> <p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify, distinguish, and explain corrosion mechanism and different forms of corrosion.</li> <li>• Illustrate and explain electrochemical, local, non-electrochemical and surface analysis methods that are used in corrosion science.</li> <li>• Interpret results of the characterisation methods described above</li> <li>• Explain the different concepts of smart coatings and self-healing coatings including triggers and release mechanisms of inhibitors.</li> <li>• 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.</li> <li>• Explain different test methods for atmospheric corrosion, like lab exposure, accelerated corrosion tests and field exposure tests.</li> <li>• Discuss special features in the corrosion mechanisms of Mg and Al alloys (anomalous H<sub>2</sub> evolution).</li> <li>• 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.</li> <li>• Explain cathodic and anodic paint disbonding or delamination and how it can be studied using SKP.</li> <li>• 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.</li> <li>• Explain mechanisms of different types of corrosion inhibitors.</li> <li>• Summarize corrosion properties of advanced materials like high entropy alloys, bulk metallic glasses, additive manufactured materials or ultrafine-grained materials.</li> </ul>

- 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).

		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	<b>Prerequisites</b>	Immatrikulation im MA-Studium
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Vorbereitende Literatur Wird im Zuge der Lehrveranstaltungen vorgestellt.

1	<b>Module name</b> 46235	<b>Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum zur Korrosion und Oberflächenanalyse (3 SWS, SoSe 2023)	5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Hagen	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen	
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p> <p>Within the practical lab course students absolve experiments belonging to the field of Surface Science &amp; Electrochemistry &amp; 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.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten den Einfluss von Legierungselementen und Beschichtungen auf das Degradationsverhalten von Implantatwerkstoffen (Magnesium), Implantatwerkstoffe</li> <li>• kennen und verstehen die Herausforderungen im Legierungsdesign,</li> <li>• bewerten den Einfluss verschiedener Oberflächenvorbehandlungen sowie Oxidationsparameter auf die Ausbildung schützender Oxidschichten im Zuge der Hochtemperaturoxidation,</li> <li>• verstehen die Voraussetzungen und Mechanismen die der Ausbildung schützender Oxidschichten (Hochtemperaturoxidation) zu Grunde liegen,</li> <li>• erzeugen anodisierten Bauteiloberflächen,</li> </ul>	



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten ToF-SIMS Daten,</li> <li>• wenden Rasterelektronenmikroskopie (REM) an</li> </ul> <p>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)</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Voraussetzungen für die Teilnahme Fundierte Kenntnisse in der Elektrochemie und Hochtemperaturoxidation. Vorlesungen vom LS LKO/ WW4 im Bachelorstudium oder äquivalente Kenntnisse. Immatrikulation im MA-Studium.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 70 h Independent study: 80 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Vorbereitende Literatur Wird im Zuge der Lehrveranstaltung vorgestellt.

# Materials for Electronics and Energy Technology

1	<b>Module name</b> 46257	<b>Advanced Semiconductor Technologies</b> <b>Photovoltaic Systems I - Fundamentals</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar and Conference Participation on Solar Energy (2 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems for Power Generation - Design Implementation and Characterization (2 SWS)	3 ECTS
		Praktikum: Lab Work Characterization and Advanced Defect Imaging of PV Modules and Systems (3 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Ning Li Prof. Dr. Christoph Brabec Dr. Jens Hauch Dr. Andres Osvet	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Brabec Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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, Perovskites, Organics) are introduced, and the strengths and weaknesses of each technology are analysed.</li> <li>Characterization of Photovoltaic Modules will be 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.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1

9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46256	<b>Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors III - Processing</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Solution Processed Electronics (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Thomas Heumüller Dr. Andres Osvet Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Brabec	
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Processing and characterization of organic, perovskite, etc solar cells, LEDs , displays or X-Ray detectors will be trained in the lab work.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222 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	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b>  <b>Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing</b>  <b>(Prüfungsnummer: 62561)</b></p> <p>Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 20, benotet, 5 ECTS Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lab Work Solution Processed Electronics</li> <li>• Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications</li> </ul> <p>weitere Erläuterungen:  Oral examination and report from lab work Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023</p> <table border="1"> <tr> <td>1. Prüfer:</td> <td>Christoph J. Brabec,</td> <td>2. Prüfer:</td> <td>Andres Osvet</td> </tr> </table>		1. Prüfer:	Christoph J. Brabec,	2. Prüfer:	Andres Osvet
1. Prüfer:	Christoph J. Brabec,	2. Prüfer:	Andres Osvet				
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Oral examination determines the grade of the module. The LabWork should be accepted by the direct supervisor					
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester					
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 50 h Independent study: 100 h					
14	<b>Module duration</b>	2 semester					
15	<b>Teaching and examination language</b>	english					
16	<b>Bibliography</b>	Will be presented in the StudOn page of the course					

1	<b>Module name</b> 46255	<b>Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors (2 SWS, WiSe 2023)  Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing) (2 SWS)	3 ECTS  3 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.rer.nat. Hans-Joachim Egelhaaf	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.rer.nat. Hans-Joachim Egelhaaf	
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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.</li> <li>◦ Deposition and patterning of electrodes, active layers, and barriers for organic or perovskite solar cells will be trained in the lab work.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222 <b>Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:</b>  1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w   TechFak   Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science)   Kernfach 1   Materialien der Elektronik und der	

		<p>Energietechnologie   weitere Wahlmodule   Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details</p>		
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b></p> <p><b>Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing (Prüfungsnummer: 62551)</b></p> <p>Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors</li> <li>• Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing - 1 experiment / 20 pages report)</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Prüfer:</td> <td>Christoph J. Brabec</td> </tr> </table>	1. Prüfer:	Christoph J. Brabec
1. Prüfer:	Christoph J. Brabec			
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)		
12	<b>Module frequency</b>	every semester		
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 67 h Independent study: 110 h		
14	<b>Module duration</b>	2 semester		
15	<b>Teaching and examination language</b>	english		
16	<b>Bibliography</b>			



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

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	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	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1

9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Related Lab Work - 1 experiment / 20 pages report
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46258	<b>Crystal Growth 2</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Crystal Growth - Lab Work 2 Semiconductor Wafer Characterization (2 SWS, SoSe 2023)	2 ECTS
		Vorlesung: CG-2 (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Praktikum: Crystal Growth - Lab Work 1 InSb Czochralski (2 SWS, SoSe 2023)	2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann	
5	<b>Contents</b>	<p>Elektronische Bauelemente und Materialfragen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrelation von Bauelementfunktion (Bipolar-Diode, Bipolar-Transistor, Schottky-Diode, Feldeffekt-Transistor, Leucht- und Laserdiode) mit Materialeigenschaften</li> <li>• Grundlagen der Epitaxie</li> <li>• Aufbau und Verbindungstechnik mit Bezug zur Leistungselektronik</li> </ul> <p>Wahlvorlesung aus dem Bereich der Elektrotechnik -Vertiefung von elektrotechnischen Anwendungen, welche starken Bezug auf Werkstoffe der Elektrotechnik nehmen</p> <p>Praktikum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czochralski Kristallwachstum von InSb</li> <li>• Halbleitercharakterisierung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse über Materialeigenschaften und deren Anwendung in elektronischen Bauelementen.</p> <p>Kennenlernen experimenteller Techniken in den Werkstoffwissenschaften, Verfassen von technischen Berichten, Teamarbeit</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 46253	<b>Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management</b>	<b>5 ECTS</b>
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)	3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk Dr. Andres Osvet	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk	
5	<b>Contents</b>	<p>The module consists of a lecture and a lab course:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (Im Wintersemester) (Vorlesung, 2 SWS, Miroslaw Batentschuk</li> <li>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.</li> </ul> <p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Classification of phosphors according to their principle of operation and by field of application.</li> <li>Establishing the relationships between crystal structure of phosphors as well as their composition and the desirable absorption and emission properties.</li> <li>Energy transfer between the crystal lattice and active ions as well as between these ions</li> <li>Consideration of several examples</li> <li>Theoretical analysis of phosphor engineering with the purpose to reach maximal energy efficiency during transformation of the ionizing radiation</li> <li>Basics and to methods of storage phosphor manufacturing</li> <li>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</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	

8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1				
9	<b>Module compatibility</b>	<p>1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222</p> <p><b>Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:</b></p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details</p>				
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b></p> <p><b>Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (Prüfungsnummer: 62531)</b> 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</p> <table border="1" data-bbox="616 1906 1471 2000"> <tr> <td data-bbox="616 1906 831 2000">1. Prüfer:</td> <td data-bbox="831 1906 1046 2000">Miroslaw Batentschuk,</td> <td data-bbox="1046 1906 1262 2000">2. Prüfer:</td> <td data-bbox="1262 1906 1471 2000">Andres Osvet</td> </tr> </table>	1. Prüfer:	Miroslaw Batentschuk,	2. Prüfer:	Andres Osvet
1. Prüfer:	Miroslaw Batentschuk,	2. Prüfer:	Andres Osvet			
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)				

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

1	<b>Module name</b> 46252	<b>Semiconductor Devices and Applications</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Thin Film Semiconductors (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Thomas Heumüller Dr. Andres Osvet	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Brabec	
5	<b>Contents</b>	Lecture / Exercise / Lab work <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into the fundamentals, materials and application of thin film semiconducting devices</li> <li>• semiconductor junctions</li> <li>• display technologies</li> <li>• photovoltaic technologies</li> <li>• photodetector and X-Ray technologies</li> <li>• thin film transistor, memory , storage and energy harvesting technologies</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• 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,</li> <li>• Processing and characterization of thin film semiconductors and semiconducting devices such as photovoltaics, LEDs, light conversion layers (lab course).</li> <li>• Data handling, data storage and written reporting in material science (lab course)</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222 <b>Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:</b>  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)	

		<p>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)</p> <p>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)</p> <p>Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details</p>		
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b></p> <p>(englischer Titel: Semiconductor Devices and Applications)</p> <p><b>Semiconductor Devices and Applications (Prüfungsnummer: 62521)</b></p> <p>Prüfungsleistung, Portfolio, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS</p> <p>Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced Semiconductors Introduction: Devices &amp; Applications</li> <li>Lab Work Thin Film Semiconductors</li> </ul> <p>weitere Erläuterungen:</p> <p>Lecture - graded certificate (students choose either exam on processing 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)</p> <p>Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Prüfer:</td> <td>Christoph J. Brabec</td> </tr> </table>	1. Prüfer:	Christoph J. Brabec
1. Prüfer:	Christoph J. Brabec			
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)		
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester		
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h		
14	<b>Module duration</b>	2 semester		
15	<b>Teaching and examination language</b>	english		
16	<b>Bibliography</b>	Wird an der Vorlesung dargestellt		



# Biomaterials

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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>*Vorlesung Biofabrikation*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsfelder Additive Fertigung- Grundprinzip</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise eines 3D Druckers</li> <li>• Unterschiedliche Systeme des 3D Druckens</li> <li>• Anforderungen an Biotinten</li> <li>• Eigenschaften synthetischer und natürlicher Biotinten</li> <li>• Synthese und Vernetzungsmechanismen von Hydrogelen</li> <li>• mechanische und chemische Charakterisierung der Biotinte</li> <li>• Zell-Drucken und Zell-Reifung</li> <li>• Verschiedene Anwendungen der Biofabrikation: Organ on a Chip und Gewebeanaloga</li> </ul> <p>*Praktikum "Drug Delivery Systeme"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Hydrogele</p> <p>*Praktikum "3D Drucken"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Additive Fertigung von Biopolymeren: 3D Extrusionsdrucken von Polycaprolacton und Alginate</p> <p>[*Content:*</p> <p>*Lecture Biofabrication*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Application fields Additive Manufacturing- basic principle</li> <li>• Setup and operating principle of 3D printer</li> <li>• Different systems of 3D printing</li> <li>• Requirements for bioinks</li> <li>• Properties of synthetic and natural bioinks</li> <li>• Synthesis and cross-linking of hydrogels</li> <li>• Mechanical and chemical characterisation of bioinks</li> <li>• Cell-printing and cell-maturation</li> <li>• Different applications of biofabrication: Organ on a Chip and tissue analogs</li> </ul> <p>*Practical "Drug Delivery Systems"*: Experimental work to consolidate the content of the lecture course hydrogels</p> <p>*Practical "3D Printing"*: Experimental work to consolidate the content of the lecture course Additive Manufacturing of Biopolymers: 3D Extrusion printing of Polycaprolacton and Alginate</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>* Biofabrikation*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen die Wichtigkeit verschiedener Konzepte im Bereich der Biofabrikation.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen physikalische/chemische Grundlagen von Hydrogelen, Zellen-Gewebe und 3D Drucken.</li> <li>• verstehen der Interaktion von Biotinte, 3D Drucken und Zellen</li> <li>• verstehen der Mechanismen der 3D Generierung: [Organ on a Chip bis hin zu Gewebeanaloga]</li> </ul> <p><b>*Praktikum Drug-Delivery-Systeme*</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ lernen das sterile Arbeiten, Pipettieren und Mikroskopieren.</li> <li>◦ verstehen die Freisetzungskinetik von Drug-Delivery-Systemen.</li> <li>◦ haben einen Überblick über Methoden der Herstellung und Charakterisierung von Mikrokapseln im Hinblick auf die biomedizinische Anwendung.</li> <li>◦ grasp the importance of the different concepts in the area of biofabrication.</li> <li>◦ learn physical/chemical fundamentals on hydrogels, cells-tissues and 3D printing.</li> <li>◦ understand the interaction between bioinks, 3D printing and cells</li> <li>◦ understand the mechanisms of 3D generation: from Organ on a Chip to tissue analogs</li> <li>◦ understand the importance of polymeric materials for biofabrication processes <b>*Practical 3D-Printing*</b> 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.</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<b>*Biofabrikation/Biofabrication*</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moroni, L., et al. (2018). "Biofabrication: A Guide to Technology and Terminology. Trends in Biotechnology.</li> </ul>

- 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	<b>Module name</b> 46266	<b>Advanced applications: Composites and Surfaces</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine (2 SWS)	1,5 ECTS
		Vorlesung: Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik (2 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Dentale Biomaterialien (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr. Julia Will Prof. Dr. Ulrich Lohbauer PD Dr. Renan Belli	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorteile von Verbundwerkstoffen als Werkstoffe in der Medizin</li> <li>• Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen</li> <li>• Beispiele für Verbundwerkstoffe und deren Einsatz in der Medizintechnik</li> <li>• Bedeutung der Nanomaterialien in der Medizintechnik</li> <li>• Charakterisierung von Nanomaterialien</li> <li>• Nanoteilchen, Nanotubes</li> <li>• Zelltoxizität und Grenzen des Einsatzes von Nanoteilchen in der Medizintechnik</li> <li>• Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Nanoteilchen</li> <li>• Kolloidale Prozesse und Funktionalisierung von Nanoteilchen</li> <li>• Herstellung von Nanoteilchen auf der Bioroute</li> <li>• Biogene Nanopartikel</li> <li>• "Green Chemistry" für die Herstellung von Nanoteilchen</li> <li>• Ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Nanobiomedizin.</li> </ul> <p>*Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine*</p> <p>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</p>	

		<p>between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered.</p> <p><b>*Dentale Biomaterialien*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau der Zähne</li> <li>• Zahnkrankheiten</li> <li>• Biomechanik</li> <li>• Dentale Konstruktionslehre, Präparation</li> <li>• Zemente &amp; Polymere</li> <li>• Befestigung am Zahn</li> <li>• Befestigung am Substrat</li> <li>• Implantate</li> <li>• digitaler Workflow, klinische Fraktografie</li> <li>• Mechanische Eigenschaften &amp; Prüfung</li> <li>• Dentalkeramik</li> </ul> <p>[*Content:*)</p> <p><b>*Composite materials and nanomaterials in medical technology*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advantages of composites as materials for medicine</li> <li>• Microstructure-property-correlation in composites</li> <li>• Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen</li> <li>• Examples of composites and their usage in medical technology</li> <li>• Importance of nanomaterials in medical technology</li> <li>• Characterisation of nanomaterials</li> <li>• Nanoparticles, nanotubes</li> <li>• Cell toxicity and limitations of use of nanoparticles in medical technology</li> <li>• Sol-gel-processes for fabrication of nanoparticles</li> <li>• Colloidal processes and functionalization of nanoparticles</li> <li>• Production of nanoparticles using the bio-route</li> <li>• Biogenic nanoparticles</li> <li>• "Green chemistry" for the synthesis of nanoparticles</li> <li>• Selected examples from the area of nanobiomedicine</li> </ul> <p><b>*Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:*</b> see above</p> <p><b>*Dental Biomaterials*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure of teeth</li> <li>• Tooth diseases</li> <li>• Biomechanics</li> <li>• Dental design theory, preparation</li> <li>• Cements &amp; polymers</li> <li>• Attachment on teeth</li> <li>• Attachment on substrate</li> <li>• Implants</li> <li>• Digital workflow, clinical fractography</li> <li>• Mechanical properties and examination</li> <li>• Dental ceramics</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik*</b> Die Studierenden</p>

- 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 Prinzipien 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

		<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>can apply their knowledge in order to judge the success of the different biomaterials and to optimize the surface properties for specific applications</li> <li>know and can explain methods of surface characterization.</li> </ul> <p><b>*Dental biomaterials*</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>know the structure of a tooth and their mechanical and physical properties.</li> <li>understand the structure and the composition of dental biomaterials, such as highly filled polymers, dental ceramics or titanium implants.</li> <li>understand the relevant clinical pictures, which lead to tooth loss, and an insight into the etiology of caries formation.</li> <li>develop an understanding for the principles of dental design theory (Cavity preparation) with view to the different restoration materials and fixation techniques,</li> <li>classify the principles of dental fixation techniques, in particular the adhesive technique.</li> <li>can discuss the difference between direct, plastic restorative therapy and indirect, prosthetic restorations.</li> <li>are able to examine dental biomaterials from a user specific standpoint regarding mechanical, physical, chemical and biological suitability.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik/ Composites and nanomaterials in medical technology*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ambrosio (ed.): Biomedical composites; Oxford, 2010</li> <li>Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 2009</li> </ul>



\*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	<b>Module name</b> 46264	<b>Advanced Applications: Tissue Engineering</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum "Tissue Engineering" (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Biomaterials for Tissue Engineering (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerhard Frank Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>*Biomaterials for Tissue Engineering*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tissue Engineering und regenerative Medizin: Konzepte, Definitionen und historische Entwicklung</li> <li>• Scaffolds: Anforderungen, Herstellung und Charakterisierung</li> <li>• Beispiele: scaffolds für Tissue Engineering von Knochen und Weichgeweben</li> <li>• Neue Konzepte: multifunktionelle scaffolds</li> <li>• Medikamentös wirksame scaffolds: Tissue Engineering und drug delivery</li> </ul> <p>*Praktikum "Tissue Engineering"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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)</li> <li>• Versuch 2: Elektrophoretische Abscheidung von Funktionsschichten auf Biomaterialien</li> </ul> <p>[*Content:*)</p> <p>*Biomaterials for Tissue Engineering*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tissue engineering and regenerative medicine: concepts, definitions and historical development</li> <li>• Scaffolds: requirements, fabrication and characterisation</li> <li>• Examples: scaffolds for tissue engineering of bone and soft tissues</li> <li>• New concepts: multifunctional scaffolds</li> <li>• Medicinally active scaffolds: Tissue engineering and drug delivery</li> </ul> <p>*Practical "Tissue Engineering"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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)</li> <li>• Experiment 2: Electrophoretic deposition of functional coatings for biomaterials</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Biomaterials for Tissue Engineering*</p> <p>Die Studenten sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die überragende Wichtigkeit der Konzepte des Tissue Engineering und die Rolle der Biomaterialien dabei erfassen.</li> </ul>	

- 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, Beschichtungsverfahren und 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 Charakterisierungsmethode von Oberflächen.
- bewerten und diskutieren: Funktionsschichten bezüglich Ihres Einsatzes 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.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• apply: the processes of EPD, contact angle measurements as a characterisation method for surfaces.</li> <li>• assess and discuss: functional coatings regarding their application as biomaterials, the results of the experiments and the process in general.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable (45 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>*Biomaterials for Tissue Engineering*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boccaccini, Gough, J.E. (eds.): Tissue engineering using ceramics and polymers; Cambridge, 2007</li> <li>• Polak, Mantalaris, Harding (eds.): Advances in Tissue Engineering; Oxford u.a., 2010</li> <li>• Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 52009</li> <li>• Hench, Jones (eds.): Biomaterials, artificial organs und tissue engineering; Oxford, 2005</li> </ul> <p>*Praktikum/Practical "Tissue Engineering"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Literaturangaben (begleitend und zur Vorbereitung) finden sich in den aktuellen Versuchsanleitungen/Bibliographical references (supporting and for the preparation) are included in the current script.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 46263	<b>Basics of Biomaterials</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum II "Basics of Biomaterials" (Zell-Toxizität) (0 SWS, SoSe 2023)	1,25 ECTS
		Vorlesung: Zell-Werkstoff-Wechselwirkungen (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Biomaterialien (Implantatwerkstoffe) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe) (2 SWS, WiSe 2023)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerhard Frank Dr.-Ing. Rainer Detsch Dr. Julia Will Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition Implantate</li> <li>• Geschichte der Biomaterialien</li> <li>• Beispiele für Implantate im menschlichen Körper z.B. Gelenkersatz, abbaubare Implantate, intraokulare Linsen etc.</li> <li>• Implantat-Beschichtungen</li> <li>• Testen von Biomaterialien</li> </ul> <p>*Zell-Werkstoff-Wechselwirkung*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung der Oberfläche bei Biomaterialien</li> <li>• Grenzfläche Biomaterial/Zelle</li> <li>• Einfluss der Oberflächenchemie auf das Zellverhalten</li> <li>• Einfluss der Oberflächentopographie auf das Zellverhalten</li> <li>• Proteinadsorption auf Biomaterialoberflächen</li> <li>• Funktionalisierung von Biomaterialoberflächen/bioaktive Oberflächen</li> </ul> <p>*Praktikum "Basic of Biomaterials"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuch 1 - Herstellung biomimetischer Schichten: Beschichtung von metallischen Substraten zur Erhöhung der Osteokonduktivität, Knocheneinheilungsprozesse an der Implantatoberfläche</li> <li>• Versuch 2 - Zell-Toxizität: Einfluss unterschiedlicher Biomaterial-Eluate auf das zelluläre Wachstum</li> </ul> <p>[*Content:]*</p> <p>*Biomaterials (Implant materials) and Tutorial on Biomaterials (Implant materials)*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition of implant</li> <li>• History of biomaterials</li> <li>• Examples of implants in the human body, e.g. joint replacement, resorbable implants, intraocular lenses etc.</li> <li>• Implant coatings</li> <li>• Testing of biomaterials</li> </ul>	

		<p>*Cell-material-interaction*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Importance of the surface in biomaterials</li> <li>• Interface biomaterial/cell</li> <li>• Influence of surface chemistry on cell behaviour</li> <li>• Influence of surface topography on cell behaviour</li> <li>• Protein adsorption on biomaterial surfaces</li> <li>• Functionalisation of biomaterial surfaces/bioactive surfaces</li> </ul> <p>*Practical "Basics of Biomaterials"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiment 1 Fabrication of biomimetic coatings: Coating of metallic substrates to improve osteoconductivity, bone healing processes on the implant surface.</li> <li>• Experiment 2 Cell toxicity: influence of different biomaterial eluates on cellular proliferation</li> </ul>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen den Zusammenhang zwischen Eigenschaften eines Biomaterials und dessen Verhalten im menschlichen Körper</li> <li>• können den Erfolg von Biomaterialien im Körper anhand ihrer Eigenschaften beurteilen</li> </ul> <p>*Zell-Werkstoff-Wechselwirkung*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Bedeutung der Oberflächeneigenschaften für die Nutzung und Einsetzbarkeit von Biowerkstoffen.</li> <li>• entwickeln Verständnis über den Einfluss der Oberflächenchemie und -topographie von Biomaterialien auf die Zelladhäsion.</li> </ul> <p>*Praktikum "Basic of Biomaterials"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul> <p>[*Educational goals and competences:*</p> <p>*Biomaterials (Implant materials)* and *Tutorial on Biomaterials (Implant materials)*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• should understand the connection between properties of a biomaterial and its behaviour in the human body.</li> <li>• can evaluate the success of a biomaterial in the body by means of the material properties.</li> </ul> <p>*Cell-material-interaction*</p> <p>The students</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>understand the importance of surface properties for the application and the usability of biomaterials.</li> <li>develop an understanding of the influence of surface chemistry and topography of biomaterials on cell adhesion.</li> </ul> <p>*Practical "Basics of Biomaterials"*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>*Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)* und *Übungen zu Biomaterialien (Implantatwerkstoffe)*/*Biomaterials (Implant materials)* and *Tutorial on Biomaterials (Implant materials)*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>B.Ratner et al "Biomaterials science. An introduction to materials in medicine" Elsevier</li> <li>E. Wintermantel, S.-W. Ha "Medizintechnik und Life Science Engineering" Springer Verlag</li> <li>M. Tanzi et al. "Foundations of Biomaterial's Engineering" Academic Press</li> </ul> <p>*Zell-Werkstoff-Wechselwirkung*/*Cell-material-interaction*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Will, J., Detsch, R. &amp; 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. &amp; Tirrell, D. A. Designing materials for biology and medicine. Nature (2004). doi:10.1038/nature02388 Augst, A. D., Kong, H. J. &amp; Mooney, D. J. Alginate hydrogels as biomaterials. Macromol. Biosci. 6, 623633</li> </ul> </li> </ul>

		<p>(2006). *Praktikum/Practical "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.</p>
--	--	--



1	<b>Module name</b> 22802	<b>Grundlagen der Anatomie und Physiologie</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker, Naturwissenschaftler und Ingenieure, Teil I, Neurophysiologie (2 SWS)	-
3	Lecturers	apl.Prof.Dr. Clemens Forster Prof. Dr. Peter Soba Prof. Dr. Christian Alzheimer Dr. rer. nat. Konstantin Tziridis Prof. Dr. Alexey Ponomarenko PD Dr. Tobias Huth Dr. Jana Dahlmanns	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Grundlagen der menschlichen Physiologie und Anatomie werden betrachtet.</p> <p>Dabei wird das grundlegende menschliche Nervensystem, Auge, Ohr, das somatosensorische System und die zentrale Motorik des Menschen betrachtet.</p> <p>Im zweiten Teil der Vorlesung wird das Herz-Kreislauf System sowie das Magen-Darm System und der Blut- und Atmungskreislauf erklärt.</p> <p>[*Content:*</p> <p>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.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen den grundlegen Aufbau des menschlichen Körpers.</li> <li>• verstehen die Mechanismen des Blut- und Atmungskreislaufs, Motorik und des Herz- Kreislaufsystems.</li> </ul> <p>[*Educational Goals and Competences:*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the fundamental structure of the human body.</li> <li>• understand the mechanisms of blood and breathing circulation, motor function and the cardiovascular system.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Geeignete begleitende Literatur wird in der Vorlesung genannt./ Relevant accompanying literature will be detailed during the lecture.

# Materials Simulation

1	<b>Module name</b> 46272	<b>Discrete and Continuum Simulation</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Foundations of Finite Element Simulation (Lecture/Tutorial) (1 SWS)	1,5 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Numerische Methoden in den Werkstoffwissenschaften - Atomistische Methoden (4 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Numerical Methods in Materials Science: Atomistic Modelling ( SWS, SoSe 2023)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser Erik Bitzek	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atomistic simulation methods;</li> <li>2. Molecular dynamics simulations</li> <li>3. Statics and energy minimization;</li> <li>4. Continuum models for materials simulation</li> <li>5. Mathematical formulation and discretization schemes</li> <li>6. Finite element method</li> </ol>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand and operate the state-of-the-art modeling techniques in materials simulation, both at the atomistic level and in the continuum.</li> <li>• acquire advanced knowledge of the molecular dynamics methods,</li> <li>• acquire advanced knowledge of the finite element method</li> <li>• acquire advanced knowledge of the advanced techniques of data analysis that are relevant in material modeling, both in research and in applications.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46271	<b>Foundations of Materials Simulation</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Multi-scale Simulation Methods II (Lecture) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: Kernfachpraktikum Werkstoffsimulation (WW8) (0 SWS)	5 ECTS
		Seminar: Introduction to Advanced Maths and Calculus (1 SWS, WiSe 2023)	-
		Übung: Multi-scale Simulation Methods II (Tutorial) (1 SWS, SoSe 2023)	-
		Seminar: Scientific Programming with Python (1 SWS, WiSe 2023)	-
3	Lecturers	PD Dr. Paolo Moretti Prof. Dr. Michael Zaiser Dr. Frank Wendler	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	The students <ul style="list-style-type: none"> <li>gain an overview of the problem of materials simulation across scales</li> <li>acquire knowledge on the general aspects of both atomistic and continuum modeling</li> <li>gain experience in the practical application of these methods to real problems of materials mechanics modeling.</li> <li>learn techniques of programming and data analysis of relevance in materials science</li> <li>which includes theoretical content and hands-on experience</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46276	<b>Foundations of phase field modelling</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Introduction to Phase Field Simulation (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Advanced Materials Simulation with Phase Field (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Frank Wendler	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Frank Wendler
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• gain an extensive knowledge of the phase field method, from the more general aspects to the most advanced current applications</li> <li>• become familiar with the theoretical tools of the phase field method</li> <li>• acquire the practical aspects of its numerical implementations, through extensive practical sessions.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46274	<b>Materials Informatics</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Driven Materials Science (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Materials and Networks (2 SWS) Vorlesung: Computational Materials Engineering and Data Science for Industrial Application (1 SWS, SoSe 2023)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser PD Dr. Paolo Moretti Dr. Johannes Möller	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	the students <ul style="list-style-type: none"> <li>acquire advanced knowledge of computer-based techniques of data analysis and materials modeling</li> <li>learn methods of relevance in the treatment of data coming from both simulations and experiments.</li> <li>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</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 46273	<b>Material Theory</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Generalized Continuum Models of Materials Mechanics (1 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Foundations of Computational Materials Science II (1 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	1. Theoretical foundations of atomistic models 2. Coarse graining and formulation of continuum theories 3. Generalized continuum theories.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	students learn the theoretical foundations of the models behind current state-of-the-art simulation techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop a critical understanding of current modeling tools and approximation methods</li> <li>• develop a critical understanding of relevance both for atomistic modeling and for continuum approaches</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	1. Finite element simulation methods 2. Dislocation theory and simulation 3. Discrete and continuum microstructural modeling 4. Discretization schemes 5. Network models
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>develop advanced knowledge in the field of computer-aided microstructure modeling techniques.</li> <li>develop advanced knowledge in discrete methods</li> <li>develop advanced knowledge in continuum models in conjunction with the appropriate discretization techniques.</li> <li>understand the theoretical aspects of continuum and discrete microstructure</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

# Micro- and Nanostructure Research

1	<b>Module name</b> 46284	<b>3D Characterization in Materials Science</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: 3D Characterization in Materials Science (2 SWS) Praktikum: Practical Course to 3D Characterization in Materials Science (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b> <b>Wissen</b> Overview over 3D characterization techniques on different length scales using different probes, demonstrated on recent research examples <b>Verstehen</b> Understand the underlying physical principles and specific advantages, challenges and limits of different 3D techniques in materials science <b>Analysieren</b> Learn theoretical and practical aspects of sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction and analysis of transmission tomography on the nanoscale</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	<p>1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Nanotechnology 20222</p>	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 60 h Independent study: 90 h</p>	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Hübschen, I. Altpeter, ... H.-G. Herrmann: Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods. Elsevier.</li> <li>• J. Frank: Electron Tomography - Methods For Three-Dimensional Visualization of Structures in the Cell. Springer.</li> <li>• T. M. Buzug: Computed Tomography. Springer.</li> <li>• Burnett et al. 2014, Correlative Tomography, Scientific Reports 4, 4711.</li> <li>• Hauser et al. 2017, Correlative Super-Resolution Microscopy: New Dimensions and New Opportunities, Chem. Rev. 117, 7428-7456.</li> <li>• Lecture notes.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 46282	<b>Applied Micro- and Nanostructure Research</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Practical Course Electron Microscopy I (2 SWS)	2 ECTS
		Praktikum: Practical Course Electron Microscopy II (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Johannes Will	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p> <p>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</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen Deeper knowledge and understanding of fundamentals of electron microscopy techniques Anwenden Hands-on experience on SEM and TEM instruments Application of advanced microcopy techniques Evaluieren (Beurteilen) Fundamentals of image and data analysis	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Micro- and Nanostructure Research Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	2 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	
16	<b>Bibliography</b>	Practical course descriptions	

Lecture notes Transmission Electron Microscopy in Material Science I & II

Lecture notes Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology

1	<b>Module name</b> 46291	<b>Fundamentals of Micro- and Nanostructure Research NT</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Transmission Electron Microscopy in Material Science 2 (2 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science II (2 SWS)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Rasterelektronenmikroskopie in Materialforschung und Nanotechnologie (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Dr. Mingjian Wu Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Stefanie Rechberger Dr. Johannes Will Dr.-Ing. Thomas Przybilla	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	<b>Contents</b>	<p>The module deals with the fundamentals of micro- and nanostructure research with the focus on today's state-of-the-art capabilities of transmission electron microscopy in the investigation of materials down to the atomic scale. The module begins (TEM 1 exercise, and TEM 1 lecture as part of the M1 Pflichtmodul) 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.</p> <p>The module furthermore focuses on the introduction to Scanning Electron Microscopy (SEM) in Materials Science and Nanotechnology. 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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden erwerben Fachkompetenz</p> <p><b>Wissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SEM lecture:</li> <li>• Introduction to the basic concepts of and physics behind SEM</li> <li>• TEM 1 &amp; 2 exercise and TEM 2 lecture in addition to TEM 1 lecture (from M1 Pflichtmodul):</li> <li>• Basic concepts of the interaction of fast electrons with matter</li> <li>• Introduction of TEM components and their functionality</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge about the application of high resolution techniques for nanomaterials</li> <li>• Verstehen</li> <li>• SEM lecture:</li> <li>• Overview over applications and deeper understanding of SEM and FIB techniques in materials science on the micro- and nanoscale</li> <li>• Enhancement of knowledge through teaching of current SEM applications and state-of-the-art developments in research</li> <li>• TEM 1 &amp; 2 exercise and TEM 2 lecture in addition to TEM 1 lecture (from M1 Pflichtmodul):</li> <li>• In-depth understanding of microscopy techniques for micro- and nanostructure research</li> <li>• In-depth understanding of basic and advanced imaging, diffraction and spectroscopic TEM techniques and their application to material science</li> </ul> <p><b>Anwenden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TEM 1 &amp; 2 exercise:</li> <li>• Hands-on-training on modern analysis software for EM applications</li> <li>• Each topic will be accompanied with suitable exercises</li> <li>• Analysieren</li> <li>• Insight into the structure property relationship of materials</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Micro- and Nanostructure Research Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>TEM:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis;</li> <li>• Williams &amp; Carter: Transmission Electron Microscopy;</li> <li>• Reimer &amp; Kohl: Transmission Electron Microscopy;</li> <li>• Fultz &amp; Howe: Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials;</li> <li>• Reimer: Transmission Electron Microscopy;</li> <li>• De Graef: Introduction to Conventional Transmission Electron Microscopy;</li> <li>• Reimer: Scanning Electron Microscopy;</li> </ul>

- P. Haasen: Physikalische Metallkunde;
- G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde;
- J. M. Cowley: Diffraction Physics
- SEM:
- 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	<b>Module name</b> 46285	<b>Scattering Methods for Nanostructured Materials</b>	<b>5 ECTS</b>
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	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen 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 Anwenden Each topic will be accompanied with suitable exercises	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D.S. Sivia: Elementary Scattering Theory</li> <li>• B.E. Warren: X-ray Diffraction</li> <li>• J. M. Cowley: Diffraction Physics</li> <li>• A. Authier: Dynamical Scattering Theory</li> <li>• Als-Nielsen &amp; McMorrow: Elements of modern X-ray physics</li> <li>• J. Daillant and A. Gibaud: X-ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications</li> <li>• Renaud et al. 2009, Probing surface and interface morphology with Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering, Surface Science Reports 64, 255-380.</li> <li>• Rivnay et al. 2012, Quantitative Determination of Organic Semiconductor Microstructure from the Molecular to Device Scale, Chem. Rev. 112, 5488-5519.</li> </ul>

# 1. and 2. Scientific-technical elective module

1	<b>Module name</b> 46284	<b>3D Characterization in Materials Science</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: 3D Characterization in Materials Science (2 SWS) Praktikum: Practical Course to 3D Characterization in Materials Science (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b> <b>Wissen</b> Overview over 3D characterization techniques on different length scales using different probes, demonstrated on recent research examples <b>Verstehen</b> Understand the underlying physical principles and specific advantages, challenges and limits of different 3D techniques in materials science <b>Analysieren</b> Learn theoretical and practical aspects of sample preparation, data acquisition, 3D reconstruction and analysis of transmission tomography on the nanoscale</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	<p>1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Nanotechnology 20222</p>	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 60 h Independent study: 90 h</p>	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Hübschen, I. Altpeter, ... H.-G. Herrmann: Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods. Elsevier.</li> <li>• J. Frank: Electron Tomography - Methods For Three-Dimensional Visualization of Structures in the Cell. Springer.</li> <li>• T. M. Buzug: Computed Tomography. Springer.</li> <li>• Burnett et al. 2014, Correlative Tomography, Scientific Reports 4, 4711.</li> <li>• Hauser et al. 2017, Correlative Super-Resolution Microscopy: New Dimensions and New Opportunities, Chem. Rev. 117, 7428-7456.</li> <li>• Lecture notes.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 46213	<b>Additive Fertigung</b> Additive Manufacturing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab course Additive Manufacturing (3 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Lecture Additive Manufacturing (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlage der generativen Fertigung</li> <li>• Methoden der additiven Fertigung</li> <li>• Werkstoffphänomene bei der additiven Fertigung</li> <li>• Epitaktische Erstarrung</li> <li>• Rissbildung</li> <li>• Charakterisierung additiv gefertigter Bauteile</li> <li>• Legierungsentwicklung für die additive Fertigung</li> <li>• praktische Arbeiten aus dem Bereich additive Fertigung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die unterschiedlichen Methoden der additiven Fertigung einordnen.</li> <li>• erkennen die technischen Herausforderungen bei der additiven Fertigung und beim Feingießen</li> <li>• erkennen die Besonderheiten der additiven Fertigung hinsichtlich Gefügeausbildung und Bauteileigenschaften.</li> <li>• durchdringen die Erstarrungsvorgänge bei der additiven Fertigung</li> <li>• lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		



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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>*Vorlesung Biofabrikation*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsfelder Additive Fertigung- Grundprinzip</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise eines 3D Druckers</li> <li>• Unterschiedliche Systeme des 3D Druckens</li> <li>• Anforderungen an Biotinten</li> <li>• Eigenschaften synthetischer und natürlicher Biotinten</li> <li>• Synthese und Vernetzungsmechanismen von Hydrogelen</li> <li>• mechanische und chemische Charakterisierung der Biotinte</li> <li>• Zell-Drucken und Zell-Reifung</li> <li>• Verschiedene Anwendungen der Biofabrikation: Organ on a Chip und Gewebeanaloga</li> </ul> <p>*Praktikum "Drug Delivery Systeme"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Hydrogele</p> <p>*Praktikum "3D Drucken"*: Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt Additive Fertigung von Biopolymeren: 3D Extrusionsdrucken von Polycaprolacton und Alginate</p> <p>[*Content:*</p> <p>*Lecture Biofabrication*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Application fields Additive Manufacturing- basic principle</li> <li>• Setup and operating principle of 3D printer</li> <li>• Different systems of 3D printing</li> <li>• Requirements for bioinks</li> <li>• Properties of synthetic and natural bioinks</li> <li>• Synthesis and cross-linking of hydrogels</li> <li>• Mechanical and chemical characterisation of bioinks</li> <li>• Cell-printing and cell-maturation</li> <li>• Different applications of biofabrication: Organ on a Chip and tissue analogs</li> </ul> <p>*Practical "Drug Delivery Systems"*: Experimental work to consolidate the content of the lecture course hydrogels</p> <p>*Practical "3D Printing"*: Experimental work to consolidate the content of the lecture course Additive Manufacturing of Biopolymers: 3D Extrusion printing of Polycaprolacton and Alginate</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>* Biofabrikation*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen die Wichtigkeit verschiedener Konzepte im Bereich der Biofabrikation.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen physikalische/chemische Grundlagen von Hydrogelen, Zellen-Gewebe und 3D Drucken.</li> <li>• verstehen der Interaktion von Biotinte, 3D Drucken und Zellen</li> <li>• verstehen der Mechanismen der 3D Generierung: [Organ on a Chip bis hin zu Gewebeanaloga]</li> </ul> <p>*Praktikum Drug-Delivery-Systeme*</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ lernen das sterile Arbeiten, Pipettieren und Mikroskopieren.</li> <li>◦ verstehen die Freisetzungskinetik von Drug-Delivery-Systemen.</li> <li>◦ haben einen Überblick über Methoden der Herstellung und Charakterisierung von Mikrokapseln im Hinblick auf die biomedizinische Anwendung.</li> <li>◦ grasp the importance of the different concepts in the area of biofabrication.</li> <li>◦ learn physical/chemical fundamentals on hydrogels, cells-tissues and 3D printing.</li> <li>◦ understand the interaction between bioinks, 3D printing and cells</li> <li>◦ understand the mechanisms of 3D generation: from Organ on a Chip to tissue analogs</li> <li>◦ 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.</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	*Biofabrikation/Biofabrication* <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moroni, L., et al. (2018). "Biofabrication: A Guide to Technology and Terminology. Trends in Biotechnology.</li> </ul>

- 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	<b>Module name</b> 46266	<b>Advanced applications: Composites and Surfaces</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine (2 SWS)	1,5 ECTS
		Vorlesung: Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik (2 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Dentale Biomaterialien (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini Dr. Julia Will Prof. Dr. Ulrich Lohbauer PD Dr. Renan Belli	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	<b>Contents</b>	<p>*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorteile von Verbundwerkstoffen als Werkstoffe in der Medizin</li> <li>• Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen</li> <li>• Beispiele für Verbundwerkstoffe und deren Einsatz in der Medizintechnik</li> <li>• Bedeutung der Nanomaterialien in der Medizintechnik</li> <li>• Charakterisierung von Nanomaterialien</li> <li>• Nanoteilchen, Nanotubes</li> <li>• Zelltoxizität und Grenzen des Einsatzes von Nanoteilchen in der Medizintechnik</li> <li>• Sol-Gel-Verfahren zur Herstellung von Nanoteilchen</li> <li>• Kolloidale Prozesse und Funktionalisierung von Nanoteilchen</li> <li>• Herstellung von Nanoteilchen auf der Bioroute</li> <li>• Biogene Nanopartikel</li> <li>• "Green Chemistry" für die Herstellung von Nanoteilchen</li> <li>• Ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Nanobiomedizin.</li> </ul> <p>*Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine*</p> <p>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</p>	

		<p>between a biomaterial (implant) and tissues (foreign body reaction) are covered.</p> <p><b>*Dentale Biomaterialien*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau der Zähne</li> <li>• Zahnkrankheiten</li> <li>• Biomechanik</li> <li>• Dentale Konstruktionslehre, Präparation</li> <li>• Zemente &amp; Polymere</li> <li>• Befestigung am Zahn</li> <li>• Befestigung am Substrat</li> <li>• Implantate</li> <li>• digitaler Workflow, klinische Fraktografie</li> <li>• Mechanische Eigenschaften &amp; Prüfung</li> <li>• Dentalkeramik</li> </ul> <p>[*Content:*)</p> <p><b>*Composite materials and nanomaterials in medical technology*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advantages of composites as materials for medicine</li> <li>• Microstructure-property-correlation in composites</li> <li>• Gefüge-Eigenschaft-Korrelation bei Verbundwerkstoffen</li> <li>• Examples of composites and their usage in medical technology</li> <li>• Importance of nanomaterials in medical technology</li> <li>• Characterisation of nanomaterials</li> <li>• Nanoparticles, nanotubes</li> <li>• Cell toxicity and limitations of use of nanoparticles in medical technology</li> <li>• Sol-gel-processes for fabrication of nanoparticles</li> <li>• Colloidal processes and functionalization of nanoparticles</li> <li>• Production of nanoparticles using the bio-route</li> <li>• Biogenic nanoparticles</li> <li>• "Green chemistry" for the synthesis of nanoparticles</li> <li>• Selected examples from the area of nanobiomedicine</li> </ul> <p><b>*Biomaterial Interfaces und Werkstoffoberflächen in der Medizin/Material surfaces in medicine:*</b> see above</p> <p><b>*Dental Biomaterials*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure of teeth</li> <li>• Tooth diseases</li> <li>• Biomechanics</li> <li>• Dental design theory, preparation</li> <li>• Cements &amp; polymers</li> <li>• Attachment on teeth</li> <li>• Attachment on substrate</li> <li>• Implants</li> <li>• Digital workflow, clinical fractography</li> <li>• Mechanical properties and examination</li> <li>• Dental ceramics</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik*</b> Die Studierenden</p>

- 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 Prinzipien 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

		<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>can apply their knowledge in order to judge the success of the different biomaterials and to optimize the surface properties for specific applications</li> <li>know and can explain methods of surface characterization.</li> </ul> <p><b>*Dental biomaterials*</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>know the structure of a tooth and their mechanical and physical properties.</li> <li>understand the structure and the composition of dental biomaterials, such as highly filled polymers, dental ceramics or titanium implants.</li> <li>understand the relevant clinical pictures, which lead to tooth loss, and an insight into the etiology of caries formation.</li> <li>develop an understanding for the principles of dental design theory (Cavity preparation) with view to the different restoration materials and fixation techniques,</li> <li>classify the principles of dental fixation techniques, in particular the adhesive technique.</li> <li>can discuss the difference between direct, plastic restorative therapy and indirect, prosthetic restorations.</li> <li>are able to examine dental biomaterials from a user specific standpoint regarding mechanical, physical, chemical and biological suitability.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Biomaterials Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>*Verbundwerkstoffe und Nanomaterialien in der Medizintechnik/ Composites and nanomaterials in medical technology*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ambrosio (ed.): Biomedical composites; Oxford, 2010</li> <li>Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 2009</li> </ul>

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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen	
5	<b>Contents</b>	<p>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, resistance 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</p> <p>(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.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identify, distinguish, and explain corrosion mechanism and different forms of corrosion.</li> <li>Illustrate and explain electrochemical, local, non-electrochemical and surface analysis methods that are used in corrosion science.</li> <li>Interpret results of the characterisation methods described above</li> <li>Explain the different concepts of smart coatings and self-healing coatings including triggers and release mechanisms of inhibitors.</li> <li>Present the details that play a role atmospheric corrosion processes like salts, relative humidity, electrolyte film</li> </ul>	

		<p>thickness, time of wetness, influence of gases, wet dry cycling and corrosion product formation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain different test methods for atmospheric corrosion, like lab exposure, accelerated corrosion tests and field exposure tests.</li> <li>• Discuss special features in the corrosion mechanisms of Mg and Al alloys (anomalous H<sub>2</sub> evolution).</li> <li>• 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.</li> <li>• Explain cathodic and anodic paint disbonding or delamination and how it can be studied using SKP.</li> <li>• 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.</li> <li>• Explain mechanisms of different types of corrosion inhibitors.</li> <li>• Summarize corrosion properties of advanced materials like high entropy alloys, bulk metallic glasses, additive manufactured materials or ultrafine-grained materials.</li> <li>• Describe corrosion related aspects of nuclear waste storage and the influence of radiation on corrosion.</li> <li>• Compare different types of metals in their applicability as a biodegradable metal and explain surface treatments to control the degradation behavior.</li> <li>• Understand the complexity of simulated body fluids and possible discrepancy between in vitro and in vivo experiments.</li> <li>• Describe mechanisms of microbially induced corrosion, dezincification.</li> <li>• Explain cathodic protection strategies by sacrificial anodes and impressed current cathodic protection.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	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	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english



1	<b>Module name</b> 46257	<b>Advanced Semiconductor Technologies</b> <b>Photovoltaic Systems I - Fundamentals</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar and Conference Participation on Solar Energy (2 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Photovoltaic Systems for Power Generation - Design Implementation and Characterization (2 SWS)	3 ECTS
		Praktikum: Lab Work Characterization and Advanced Defect Imaging of PV Modules and Systems (3 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Ning Li Prof. Dr. Christoph Brabec Dr. Jens Hauch Dr. Andres Osvet	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Brabec Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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, Perovskites, Organics) are introduced, and the strengths and weaknesses of each technology are analysed.</li> <li>Characterization of Photovoltaic Modules will be 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.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1

9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 40 h Independent study: 110 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46256	<b>Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors III - Processing</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Solution Processed Electronics (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Thomas Heumüller Dr. Andres Osvet Prof. Dr. Christoph Brabec	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Brabec	
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Processing and characterization of organic, perovskite, etc solar cells, LEDs , displays or X-Ray detectors will be trained in the lab work.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222 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	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b>  <b>Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors III - Processing</b>  <b>(Prüfungsnummer: 62561)</b></p> <p>Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 20, benotet, 5 ECTS Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lab Work Solution Processed Electronics</li> <li>• Advanced Semiconductor Technologies - Solution Processed Devices / Applications</li> </ul> <p>weitere Erläuterungen:  Oral examination and report from lab work Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023</p> <table border="1"> <tr> <td>1. Prüfer:</td> <td>Christoph J. Brabec,</td> <td>2. Prüfer:</td> <td>Andres Osvet</td> </tr> </table>		1. Prüfer:	Christoph J. Brabec,	2. Prüfer:	Andres Osvet
1. Prüfer:	Christoph J. Brabec,	2. Prüfer:	Andres Osvet				
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Oral examination determines the grade of the module. The LabWork should be accepted by the direct supervisor					
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester					
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 50 h Independent study: 100 h					
14	<b>Module duration</b>	2 semester					
15	<b>Teaching and examination language</b>	english					
16	<b>Bibliography</b>	Will be presented in the StudOn page of the course					

1	<b>Module name</b> 46255	<b>Advanced Semiconductor Technologies Solution Processed Semiconductors II - Processing</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors (2 SWS, WiSe 2023)  Vorlesung mit Übung: Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing) (2 SWS)	3 ECTS  3 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.rer.nat. Hans-Joachim Egelhaaf	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.rer.nat. Hans-Joachim Egelhaaf	
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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.</li> <li>◦ Deposition and patterning of electrodes, active layers, and barriers for organic or perovskite solar cells will be trained in the lab work.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering, Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222 <b>Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:</b>  1) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) (Po-Vers. 2020w   TechFak   Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science)   Kernfach 1   Materialien der Elektronik und der	



		<p>Energietechnologie   weitere Wahlmodule   Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details</p>		
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b></p> <p><b>Advanced Semiconductor Technologies – Solution Processed Semiconductors II - Processing (Prüfungsnummer: 62551)</b></p> <p>Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Semiconductor Materials - Excited States and Charge Transport in Organic Semiconductors</li> <li>• Advanced Semiconductor Technologies - Processing (including Lab Work Organic Electronics Processing - 1 experiment / 20 pages report)</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Prüfer:</td> <td>Christoph J. Brabec</td> </tr> </table>	1. Prüfer:	Christoph J. Brabec
1. Prüfer:	Christoph J. Brabec			
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)		
12	<b>Module frequency</b>	every semester		
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 67 h Independent study: 110 h		
14	<b>Module duration</b>	2 semester		
15	<b>Teaching and examination language</b>	english		
16	<b>Bibliography</b>			

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

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk Prof. Dr. Wolfgang Heiß
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	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	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1

9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Related Lab Work - 1 experiment / 20 pages report
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) <b>Advanced Semiconductor Technologies – Photovoltaic Systems I - Fundamentals (Prüfungsnummer: 62571)</b> Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Marc Reichenbach	
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Folgende Themenbereiche werden schwerpunktmäßig behandelt:</p> <p>Teil 1: Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationsdarstellung</li> <li>- Schaltalgebra</li> <li>- Grundbausteine eines Computers</li> <li>- Der klassische Universalrechenautomat</li> <li>- Funktionsweise von Speichergeräten</li> <li>- Maschinensprache und Assembler</li> </ul> <p>Teil 2: Betriebssysteme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozesse</li> <li>- Speicherverwaltung</li> <li>- Verklemmungen</li> </ul> <p>Teil 3: Programmiersprachen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imperative und funktionale Sprachen</li> <li>- Objektorientierte Programmierung</li> </ul> <p>Teil 4: Algorithmen und Datenstrukturen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Komplexitätstheorie</li> <li>- Felder und Listen</li> <li>- Bäume</li> <li>- Gestreute Speicherung (Hashing)</li> <li>- Suchen und Sortieren</li> </ul> <p>Teil 5: Datenbanksysteme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung von Datenbanksystemen</li> <li>- Entity-Relationship-Modell</li> <li>- Das relationale Datenmodell</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datenbankanfragen (SQL)</li> <li>- Transaktionskonzept</li> </ul> <p>Teil 6: Verteilte Systeme und Kommunikationssysteme</p> <p>Verteilte Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Client-Server-Modell</li> <li>- Nachrichtenaustausch (Message Passing)</li> <li>- Fernaufruf (Remote Procedure Call, RPC)</li> <li>- Middleware: Infrastruktur für Client und Server</li> <li>- Komponentenmodelle</li> </ul> <p>Kommunikationssysteme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formen von Kommunikationssystemen</li> <li>- Referenzmodelle</li> </ul> <p>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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten verschiedene Möglichkeiten der Informationsdarstellung</li> <li>• kennen den grundsätzlichen Aufbau eines Computers</li> <li>• analysieren einfache logische Schaltungen</li> <li>• charakterisieren die im Modul vorgestellten Konzepte von Betriebssystemen</li> <li>• differenzieren die im Modul vorgestellten Konzepte Programmierparadigmen</li> <li>• unterscheiden die im Modul vorgestellten Konzepte Datenstrukturen und Suchalgorithmen</li> <li>• beschreiben die im Modul vorgestellten Konzepte Strategien zum Entwurf effizienter Algorithmen</li> <li>• beschreiben die im Modul vorgestellten Konzepte relationaler Datenbanken</li> <li>• stellen einfache SQL-Anfragen</li> <li>• erklären Referenzmodelle für verteilte und Kommunikationssysteme</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german

16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• GUMM, Heinz Peter ; SOMMER, Manfred: Einführung in die Informatik. München ; Wien : Oldenbourg Verlag, 7. Auflage - ISBN 978-3486581157</li><li>• HÄRDER, Theo ; RAHM, Erhard: Datenbanksysteme : Konzepte und Techniken der Implementierung. Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer, 1999 - ISBN 3-540-65040-7</li><li>• OTTMANN, Thomas ; WIDMAYER, Peter: Algorithmen und Datenstrukturen. Heidelberg ; Berlin : Spektrum Akademischer Verlag, 2002 - ISBN 978-3827410290</li><li>• SILBERSCHATZ, Abraham ; GALVIN, Peter Baer ; GAGNE, Greg: Operating System Concepts. John Wiley &amp; Sons, 2005 - ISBN 978-0471694663</li></ul>
----	---------------------	--

1	<b>Module name</b> 46262	<b>Crystal Growth 3</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: CGL-Comsol (5 SWS, SoSe 2023)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Computer-Simulation eines Kristallzüchtungsprozesses</li> <li>• Einführung in das Softwarepaket COMSOL Multi-Physics</li> <li>• Anwendung der Numerische Modellierung in der Kristallzüchtung (Schmelzkristallisation, Lösungszüchtung und Gasphasenwachstum)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse über die Computersimulation von materialwissenschaftlichen Prozessen (Schwerpunkt: Kristallisation).</li> <li>• Kennenlernen digitaler Techniken in den Werkstoffwissenschaften, Verfassen von technischen Berichten, Teamarbeit</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Peter Felfer
5	<b>Contents</b>	<p>Eisen- und Stahlwerkstoffe I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Stahlherstellung</li> <li>• Grundlagen der Wärmebehandlungen</li> <li>• Eigenschaften und Anwendung der verschiedenen Stahlklassen</li> <li>• Schweißmetallurgie</li> <li>• Eigenschaften und Anwendungen von Eisengusswerkstoffen</li> </ul> <p>Content: Iron and steel materials I+II , V+Ü, 2+3 SWS, 2+3 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of steel production</li> <li>• Basics of heat treatments</li> <li>• Properties and application of the different steel classes</li> <li>• Welding metallurgy</li> <li>• Properties and applications of iron casting materials</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe Eisen und Stahl und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> <li>• können Legierungsthermodynamik anwenden und Zustandsdiagrammen analysieren</li> <li>• vertiefen das Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und Härtungsmechanismen bei Stählen</li> <li>• können Struktur-Eigenschaftskorrelationen erschließen und überprüfen bei Stählen</li> <li>• beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären</li> </ul> <p>*Lern- bzw. Methodenkompetenz* Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen their knowledge of the diverse structural compositions of iron and steel materials and are able to evaluate them</li> </ul> </li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials</li> <li>◦ can apply alloy thermodynamics and analyze state diagrams</li> <li>◦ deepen knowledge of mechanical properties and hardening mechanisms of steels</li> <li>◦ can develop and check structure-property correlations for steels</li> <li>◦ independently assess structure-property relationships using examples</li> <li>◦ deepen their understanding of the relationships between structure, thermomechanical history and properties of materials and are able to explain these relationships.</li> <li>◦ Basic experimental techniques</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46276	<b>Foundations of phase field modelling</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Introduction to Phase Field Simulation (2 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Advanced Materials Simulation with Phase Field (2 SWS, SoSe 2023)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Frank Wendler	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Frank Wendler
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>gain an extensive knowledge of the phase field method, from the more general aspects to the most advanced current applications</li> <li>become familiar with the theoretical tools of the phase field method</li> <li>acquire the practical aspects of its numerical implementations, through extensive practical sessions.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46223	<b>Funktionskeramiken I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Functional Ceramics I: electrical properties (2 SWS) Vorlesung: Neuer Master: WS-Funktionskeramik I (2 SWS)	2 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Webber Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	<p> 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.</p> <p> 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*</p> <p> 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.</p> <p> 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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen den Aufbau, die Herstellung, die Eigenschaften von Funktionskeramiken</li> <li>• können diese charakterisieren</li> <li>• kennen deren Anwendung für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt .</li> <li>• haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische und mechanische Eigenschaften</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>haben vertiefte Kenntnisse in den Prozessen zur Herstellung von Keramiken sowie der Methoden zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften, Erklärung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften</li> </ul> <p>*English*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>know the structure, the production, the properties of functional ceramics</li> <li>can characterize them</li> <li>know their application for activities in the institutional and industrial environment with this material focus .</li> <li>have an in-depth understanding of the following properties of ceramics: electrical and mechanical properties</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46224	<b>Funktionskeramiken II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques (2 SWS, SoSe 2023)  Übung: Exercise functional ceramics II: Structural Analysis (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS  -
3	Lecturers	Dr. Neamul Hayet Khansur Prof. Dr. Kyle Webber	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	Structural analysis of functional ceramics using advanced diffraction techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur mikrostrukturellen Charakterisierung von Keramiken mittels Beugungsmethoden.</li> <li>• haben ein vertieftes Verständnis folgender Eigenschaften von Keramik: elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften</li> <li>• verstehen die Einflüsse der Struktur und Gefüge auf elektromechanische Eigenschaften</li> <li>• wissen und verstehen wie Beugungstechniken funktionieren und welche grundlegenden Modelle für die Analyse zur Verfügung stehen</li> <li>• können mit passender Software umgehen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46225	<b>Funktionskeramiken III</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Neuer Master: WS-Übung für Funktionskeramiken III: Mechanische Eigenschaften (2 SWS)  Vorlesung mit Übung: Mechanical Properties and Fracture of Ceramics (2 SWS)	2 ECTS  -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kyle Webber Dr. Neamul Hayet Khansur	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Kyle Webber
5	<b>Contents</b>	<p> Mechanical Properties and Fracture of Ceramics  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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 transformation, 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.</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die Ursprünge der mechanischen Eigenschaften von Keramiken kennen</li> <li>• verstehen, wie sich keramische Werkstoffe nichtlinear, hysteretisch oder plastisch verformen können und wie dies das Bruchverhalten beeinflussen kann</li> <li>• erlernen der Grundlagen der linear-elastischen Bruchmechanik, insbesondere der Hintergründe der Energiefreisetzungsrate und des Spannungsintensitätsfaktors</li> <li>• verstehen Bruchflächen zur Analyse der Bruchentstehung genutzt werden können</li> <li>• verstehen, woe Risse unterkritisch wachsen können und können diese charakterisieren</li> </ul>

		<p>*English*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn the origins of the mechanical properties of ceramics</li> <li>• understand how ceramic materials can deform nonlinearly, hysteretically, or plastically and how this can affect fracture behavior</li> <li>• learn the fundamentals of linear elastic fracture mechanics, especially the background of the energy release rate and stress intensity factor</li> <li>• understand fracture surfaces can be used to analyze fracture initiation</li> <li>• understand where cracks can grow subcritically and be able to characterize them</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



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

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	<b>Contents</b>	<p> Optical properties of glasses </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental concepts: The electromagnetic spectrum and units, Absorption, Luminescence, Scattering</li> <li>• Optical transparency of solids: Optical magnitudes and the dielectric constant, The Lorentz Oscillator, Metals, Semiconductors and insulators, Excitons, Reflection and polarization</li> <li>• Optical glasses: Optical aberration and solutions, Dispersion properties and composition</li> <li>• Colors in glasses: The eye, Optically Active Centers, Transition metals in glasses, Metallic and Chalcogenide nanoparticles</li> <li>• Chromism: Thermochromism, Photochromism, Gasochromism, Electrochromism</li> <li>• IR glasses: Chalcogenide, Fluorite glasses</li> <li>• Optical Fibers: Principle, Manufacturing, Applications, Photonic fibers</li> </ul> <p> Vibrational spectroscopies, from theory to practice  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nature of vibrations inside matter</li> <li>• Interaction light matter</li> <li>• Instrumentation</li> <li>• Raman application</li> <li>• Infrared Spectroscopy</li> <li>• Advanced technics</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p> Spectroscopy techniques applied to amorphous materials   The students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the solid state physic background link to the optical properties of all type of materials</li> <li>• Be able to explain the different ways to create colors</li> <li>• Choose the appropriate glass compositions to realize optical device in the infrared region</li> <li>• Have an overview of the different technologies link to light management</li> <li>• Know the different parameters that define an Optical glass fiber and choose them in regard of the attended application</li> </ul> <p> Vibrational spectroscopies, from theory to practice  The student will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand in a comprehensive way the solid state physic background link to these spectroscopies</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Know the different parts of a spectrometer and their characteristic parameter</li> <li>• Exercise himself to set the parameters of an observation and run the measurements</li> <li>• Treat the data by applying the needed corrections</li> <li>• Evaluate the data using peak fitting, momentum calculations and Principal Component Analysis</li> <li>• Deduce information on the structure of common glasses</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german german or english english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46229	<b>Glas II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Glass formulation using project management (2 SWS, SoSe 2023)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Dominique Ligny	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dominique Ligny
5	<b>Contents</b>	<p>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.</p> <p>Glass and Ceramic for Energy-technology:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials and energy</li> <li>• Solar Energy</li> <li>• Solar Thermal</li> <li>• Photovoltaic Energy</li> <li>• Insulation</li> <li>• Wind Energy</li> <li>• Nuclear waste glass storage</li> <li>• Energy in glass processing</li> <li>• Fuel Cell and Ion conductivity</li> <li>• Lighting LED and LASER REE technology</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Glass formulation using project management The student will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learn the different concept used in project management as well as its specific vocabulary</li> <li>• Practice the project management in a small team</li> <li>• Use the different tools of project management</li> <li>• Go from an application to the conception of a product</li> </ul> <p>Glass and Ceramic for Energy-technology The student will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the global environmental issues related to the use of glasses for:</li> <li>• Nonrenewable energy sources</li> <li>• Renewable energy sources</li> <li>• Energy efficiency</li> <li>• Energy storage</li> <li>• Know the improvement needed in the future</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Look for solution by linking the expected performance to the glass properties</li> <li>• Be able to choose the good glass composition, production and shaping processes</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Steffen Neumeier
5	<b>Contents</b>	<p>Quantitative Gefügeanalyse, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Quantitative Gefügeanalyse und die dazugehörigen Meßmethoden</li> <li>• Auswertemethoden</li> <li>• Grundlagen der Statistik</li> <li>• Praktische Anwendung von Image C</li> </ul> <p>Röntgenmethoden in der Materialanalyse, V, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Röntgen-/Synchrotron-/Neutronenbeugung</li> <li>• Experimentelle Methoden</li> <li>• Anwendung in der Materialanalyse (Gitterkonstantenbestimmung, Spannungsanalyse, Texturanalyse,)</li> </ul> <p>Anforderungen der Industrie an einen Werkstoffingenieur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen industrieller Planungen im Werkstoffumfeld</li> <li>• Industrielle Lösungsstrategien bei Werkstofffragestellungen</li> <li>• Industrielle Charakterisierungsverfahren</li> </ul> <p>Quantitative Microstructural Analysis, V+Ü, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to quantitative microstructure analysis and the corresponding measuring methods</li> <li>• Evaluation methods</li> <li>• Basics of statistics</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical application of Image C</li> </ul> <p>X-ray methods in materials analysis, V, 1 SWS, 1 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of X-ray/synchrotron/neutron diffraction</li> <li>• Experimental methods</li> <li>• Application in material analysis (determination of lattice constants, stress analysis, texture analysis,...)</li> </ul> <p>Fundamentals of Failure Analysis, V+Ü+P 0.5+1+0.5 SWS, 0.5+1+0.5 ECTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic procedure of damage analysis</li> <li>• Damage hypotheses</li> <li>• Case studies from practice</li> <li>• Practical test to deepen the contents</li> </ul>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen</li> <li>• beurteilen eigenständig Struktur-Eigenschaftsbeziehungen an Beispielen</li> <li>• erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen, Charakterisieren unterschiedlicher Strukturen</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Übungen und Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen Grundlagen der Schadensanalyse, wenden diese an Beispielfällen an und stellen Schadenshypothesen auf</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Neue Methodenkompetenzen, die erworben werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Experimentiertechniken</li> <li>• Quantitative Gefügeanalyse</li> <li>• Grundlegende Methoden der Röntgenbeugung</li> </ul> <p>Technical competence Evaluating (assessing) Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deepen their knowledge of the various structural compositions of materials and are able to evaluate them</li> <li>• deepen their understanding of the relationships between the chemical composition, structure and properties of materials</li> <li>• independently assess structure-property relationships using examples</li> <li>• acquire a sound knowledge of the fundamentals of the structure of the various classes of materials and characterize different structures</li> <li>• deepen the learned contents by exercises and practical training</li> <li>• learn and apply new methods</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>learn the basics of damage analysis, apply them to example cases and establish damage hypotheses</li> </ul> <p>Learning or methodological competencies New methodological competencies that can be acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic experimental techniques</li> <li>Quantitative microstructure analysis</li> <li>Basic methods of X-ray diffraction</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46214	<b>Metallische Werkstoffe im Automobilbau</b> Materials in Automobil Engineering	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: High Pressure Die Casting (1 SWS)	0,5 ECTS
		Vorlesung: Metallic Materials in Automobil Engineering (2 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: High Pressure Die Casting (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausforderungen für die Automobilindustrie</li> <li>• Fahrzeugentstehungsprozess</li> <li>• Anforderungen, Werkstoffe und besondere Lösungen für Karosserie, Fahrwerk und Motoren</li> <li>• Strategie der Werkstoffauswahl</li> <li>• Druckgießen als typisches Fertigungsverfahren (Druckgussmaschine, Druckgusslegierungen, Herausforderungen)</li> <li>• praktische Arbeiten zum Thema Druckgießen</li> <li>• Simulation der Formfüllung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein Verständnis für relevante Arbeitsmethoden der Automobilindustrie</li> <li>• können die Auswahl geeigneter Werkstoffe für bestimmte Anwendungen erklären</li> <li>• sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Prozess bzw. Prozessparameter und Mikrostruktur bzw. Eigenschaften metallischer Gussteile zu beurteilen.</li> <li>• können die Ergebnisse von numerischen Simulationen bewerten.</li> <li>• lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 2022 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 2022	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	



15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46274	<b>Materials Informatics</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Driven Materials Science (0 SWS, WiSe 2023) Vorlesung mit Übung: Materials and Networks (2 SWS) Vorlesung: Computational Materials Engineering and Data Science for Industrial Application (1 SWS, SoSe 2023)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser PD Dr. Paolo Moretti Dr. Johannes Möller	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	the students <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquire advanced knowledge of computer-based techniques of data analysis and materials modeling</li> <li>• learn methods of relevance in the treatment of data coming from both simulations and experiments.</li> <li>• 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</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46273	<b>Material Theory</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Generalized Continuum Models of Materials Mechanics (1 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Foundations of Computational Materials Science II (1 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Zaiser	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	1. Theoretical foundations of atomistic models 2. Coarse graining and formulation of continuum theories 3. Generalized continuum theories.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	students learn the theoretical foundations of the models behind current state-of-the-art simulation techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop a critical understanding of current modeling tools and approximation methods</li> <li>• develop a critical understanding of relevance both for atomistic modeling and for continuum approaches</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

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

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Paolo Moretti
5	<b>Contents</b>	1. Finite element simulation methods 2. Dislocation theory and simulation 3. Discrete and continuum microstructural modeling 4. Discretization schemes 5. Network models
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop advanced knowledge in the field of computer-aided microstructure modeling techniques.</li> <li>• develop advanced knowledge in discrete methods</li> <li>• develop advanced knowledge in continuum models in conjunction with the appropriate discretization techniques.</li> <li>• understand the theoretical aspects of continuum and discrete microstructure</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Simulation Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46237	<b>Oberflächenanalyse I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung Surface Analysis I (1 SWS) Vorlesung: Surface Analysis I/II (2 SWS) Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS, SoSe 2023)	1 ECTS 3 ECTS -
3	Lecturers	Michael Höhlinger Prof. Dr. Patrik Schmuki Dr. Anca Valentina Mazare	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	<b>Contents</b>	<p>*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.</p> <p>*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.</p>

		<p>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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Surface Analysis I + II (VI+Ü): Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen fundamentaler Konzepte im Bereich Kristallographie</li> <li>• können Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung kritisch diskutieren</li> <li>• verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS</li> <li>• kennen verschiedener Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD.</li> <li>• verstehen das Prinzip des Sol-Gel Prozesses</li> <li>• kennen die Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen</li> <li>• kennen und verstehen Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien</li> </ul> <p>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.</p> <p>Seminar Surface Science and Corrosion Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden wissenschaftlicher Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele)an</li> <li>• haben Erfahrung bezüglich des Ablaufs und der Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen.</li> <li>• besitzen Softskills als Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere</li> </ul> <p>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.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222</p> <p>Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222</p>

10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Vorbereitende Literatur Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 46238	<b>Oberflächenanalyse II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Surface Science and Corrosion (2 SWS, SoSe 2023) Übung: Übung Surface Analysis II (1 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Surface Analysis II (2 SWS, SoSe 2023)	- 1 ECTS 3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Anca Valentina Mazare	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Patrik Schmuki
5	<b>Contents</b>	<p>*Surface Analysis I + II (VI+Ü)*</p> <p>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.</p> <p>*Seminar Surface Science and Corrosion*</p> <p>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.</p> <p>The seminar Surface science and Corrosion offers the opportunity to gather insights into the current research areas of the chair. In the course</p>



		<p>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.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Surface Analysis I + II (VI+Ü): Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben fundamentale Konzepte im Bereich Kristallographie.</li> <li>• diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Verfahren der Oberflächencharakterisierung.</li> <li>• verstehen die theoretischen Grundlagen von STM/AFM, SEM/EDX, XPS/Auger, XRD, ToF-SIMS.</li> <li>• kennen verschiedene Herstellungsmethoden für Nanostrukturen und Anwendung von CVD.</li> <li>• verstehen den sol-gel Prozesses und können ihn wiedergeben.</li> <li>• kennen verschiedene Anwendungen nanostrukturierter Oberflächen.</li> <li>• können Verfahren zur Oberflächenanalyse bei Nanomaterialien kritisch diskutieren.</li> </ul> <p>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.</p> <p>Seminar Surface Science and Corrosion Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden wissenschaftliche Verfahren und Techniken in der Forschung (Beispiele) an.</li> <li>• haben Erfahrung in Bezug auf Ablauf und Gepflogenheiten im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld durch aktive Teilnahme an Diskussionen.</li> <li>• erwerben Softskills (Vortragsdarstellung / Diskussion) zur Vorbereitung auf eine wissenschaftliche Karriere.</li> </ul> <p>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.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Belegung des Wahlmoduls 2: Oberflächenanalyse I Immatrikulation im MA-Studium
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222

		Surface Science and Corrosion Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im Zuge der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 46253	<b>Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management</b>	<b>5 ECTS</b>
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)	3 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk Dr. Andres Osvet	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Miroslaw Batentschuk	
5	<b>Contents</b>	<p>The module consists of a lecture and a lab course:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Phosphors for Light Conversion in Photovoltaic Devices and LEDs (Im Wintersemester) (Vorlesung, 2 SWS, Miroslaw Batentschuk</li> <li>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.</li> </ul> <p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Classification of phosphors according to their principle of operation and by field of application.</li> <li>Establishing the relationships between crystal structure of phosphors as well as their composition and the desirable absorption and emission properties.</li> <li>Energy transfer between the crystal lattice and active ions as well as between these ions</li> <li>Consideration of several examples</li> <li>Theoretical analysis of phosphor engineering with the purpose to reach maximal energy efficiency during transformation of the ionizing radiation</li> <li>Basics and to methods of storage phosphor manufacturing</li> <li>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</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	

8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1				
9	<b>Module compatibility</b>	<p>1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222</p> <p><b>Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:</b></p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details</p>				
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b></p> <p><b>Photovoltaics (PV) and PV Systems II: Light Conversion and Light Management (Prüfungsnummer: 62531)</b> 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</p> <table border="1" data-bbox="614 1906 1474 1995"> <tr> <td data-bbox="614 1906 826 1995">1. Prüfer:</td> <td data-bbox="826 1906 1043 1995">Miroslaw Batentschuk,</td> <td data-bbox="1043 1906 1259 1995">2. Prüfer:</td> <td data-bbox="1259 1906 1474 1995">Andres Osvet</td> </tr> </table>	1. Prüfer:	Miroslaw Batentschuk,	2. Prüfer:	Andres Osvet
1. Prüfer:	Miroslaw Batentschuk,	2. Prüfer:	Andres Osvet			
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)				

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

1	<b>Module name</b> 46226	<b>Porous and cellular Ceramics I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Thermal and mechanical characterisation (2 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Neuer Master: WS-Microstructural characterization (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.habil. Tobias Fey	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey
5	<b>Contents</b>	<p> Microstructural characterization  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturelle Charakterisierung poröser und zellulärer Keramiken durch den Einsatz gängiger Methoden wie He-Pyk, Hg-Porosimetrie, <math>\mu</math>CT, SEM, Permeabilität</li> <li>• Einsatz von Bildanalyse und Simulationen zur Strukturparameterberechnung wie Zellgröße, Stegbreite, Anisotropie, Interkonnektivität und Tortuosität</li> <li>• Strukturelle Besonderheiten poröser Werkstoffe</li> </ul> <p> Thermal and mechanical characterisation  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung thermischer / mechanischer Eigenschaften an porösen und zellulären Werkstoffen</li> <li>• Bestimmung des Einflusses der Porosität, Porenform und Porenform auf die physikalischen Eigenschaften</li> </ul> <p>*English*</p> <p> Microstructural characterization </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structural characterization of porous and cellular ceramics by using common methods such as He-Pyk, Hg-porosimetry, <math>\mu</math>CT, SEM, permeability</li> <li>• Use of image analysis and simulations to calculate structural parameters such as cell size, web width, anisotropy, interconnectivity and tortuosity</li> <li>• Structural features of porous materials</li> </ul> <p> Thermal and mechanical characterization </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of thermal / mechanical properties of porous and cellular materials</li> <li>• Determination of the influence of porosity, pore shape and pore form on physical properties</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen die Auswahl von Charakterisierungsmethoden und deren Einsatz sowie Grenzen der Anwendbarkeit der Untersuchungsmethoden und Algorithmen</li> <li>• Entscheiden die Auswahl der Charakterisierungsmethodik vor dem Hintergrund der Einsatzgrenzen</li> <li>• Vermitteln der notwendigen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse zur Charakterisierung von porösen und Keramiken für Tätigkeiten im institutionellen und industriellen Umfeld mit diesem Werkstoffschwerpunkt.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefen das Verständnis über die Mikrostruktur poröser und zellulärer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die physikalischen Eigenschaften</li> </ul> <p>*English*</p> <p>Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learn the selection of characterization methods and their use as well as limits of applicability of the investigation methods and algorithms</li> <li>• Decide the choice of characterization methodology in the light of the limits of application</li> <li>• Provide the necessary scientific and practical knowledge to characterize porous and ceramics for activities in institutional and industrial settings with this material focus.</li> <li>• Deepen understanding of the microstructure of porous and cellular ceramic materials and its effect on physical properties.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46227	<b>Porous and cellular Ceramics II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Porous and cellular Ceramics for engineers (2 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Porous and cellular applications (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS -
3	Lecturers	PD Dr.habil. Tobias Fey	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey
5	<b>Contents</b>	<p>Porous and cellular Ceramics for engineers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und Struktur poröser und zellulärer Keramiken über unterschiedliche Längenskalen</li> <li>• Herstellungsverfahren poröser und zellulärer Keramiken über konventionelle bis hin zu additiven Verfahren</li> <li>• Physikalische Eigenschaften in Abhängigkeit von der Porosität, Porenform und Porenart</li> <li>• Anwendungsgebiete poröser und zellulärer Strukturen insbesondere a) Leichtbau, b) Katalyse, c) Energie und d) Scaffolds</li> </ul> <p>Porous and cellular applications</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktische Herstellung keramische poröse Scaffolds über unterschiedliche in der Vorlesung behandelte Verfahren</li> <li>• Variation der Herstellungsparameter zur Modifikation der Mikrostruktur und Porenform und -art für den jeweiligen Anwendungsbereich (offen- / geschlossenzellig)</li> <li>• Durchführung von anwendungsnahen Untersuchungen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen der notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen zur Struktur und Aufbau sowie Herstellung und Anwendung von porösen und zellulären Keramiken</li> <li>• intensivieren Ihr Wissen über die Herstellung poröser und zellulärer keramischer Werkstoffe und deren Auswirkung auf die strukturellen und physikalischen Eigenschaften</li> <li>• lernen die Auswahl von Werkstoff- und Verfahren vor dem Hintergrund von Anwendungsprofilen anhand von Beispielen anzuwenden</li> <li>• vertiefen die wissenschaftlichen Grundlagen in anwendungsnahen Untersuchungen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester



13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46216	<b>Pulvermetallurgie</b> Powder Metallurgy	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab course Powder Metallurgy (3 SWS, SoSe 2023) Vorlesung: Powder Metallurgy (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Peter Randelzhofer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Carolin Körner	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulverherstellung</li> <li>• Pulvercharakterisierung</li> <li>• Pressen und Sintern</li> <li>• spezielle Sintermethoden und alternative Konsolidierungsmethoden (Additive Fertigung, PM-Spritzguss)</li> <li>• Anwendungen (Hartmetalle und Beschichtungen)</li> <li>• praktische Arbeiten zum Thema Pulvermetallurgie und Schäumen von Metallen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein Verständnis für industrielle Arbeitsmethoden.</li> <li>• können die unterschiedlichen Prozessschritte der Pulvermetallurgie einordnen.</li> <li>• durchdringen den Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Eigenschaften von gesinterten Bauteilen.</li> <li>• lernen in praktischer Gruppenarbeit zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials Science and Engineering for Metals Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 66 h Independent study: 84 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 97246	<b>Qualitätsmanagement</b> Quality management	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Qualitätstechniken - QTeK - vhb (2 SWS) Vorlesung: Qualitätsmanagement QMaK (2 SWS, WiSe 2023)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte Ute Klöpzig	

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

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anforderungen, Aufbau, Einführung sowie die Auditierung und Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen darzustellen</li> <li>◦ die grundlegenden Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeuge auf ein anderes Problem zu übertragen</li> <li>◦ Prozesse mit Hilfe der statistischen Prozesslenkung (SPC), Qualitätsregelkarten und Prozessfähigkeitsindizes zu beschreiben</li> <li>◦ Business Excellence anhand Total Quality Management (TQM), Unternehmensbewertungsmodelle wie EFQM und kontinuierlicher Verbesserungsprozesse im Unternehmen auszuführen</li> <li>◦ die Wirtschaftlichkeit von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen zu demonstrieren</li> <li>◦ die Methodik Six Sigma" zu beschreiben und dem Kontext der Qualitätsverbesserung zuzuordnen</li> <li>◦ mit Hilfe der Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeugen Probleme zu analysieren</li> <li>◦ statistische Versuchspläne auf praktische Probleme zu übertragen und aus den Ergebnissen die Zusammenhänge und Einflüsse der Faktoren zu interpretieren</li> <li>◦ Handlungsgrundlagen hinsichtlich Ausbildungs-, Motivations- und Organisationsverbesserung zu ermitteln</li> <li>◦ statistische Auswertungen zu interpretieren und neue Probleme auf statistische Auffälligkeiten zu testen</li> <li>◦ die Qualität mit etablierten Vorgehensweisen zu bewerten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A - Z, Carl Hanser Verlag, München 2011</li> <li>• Pfeifer, T.; Schmitt, R.: Masing Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser, München 2021</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 46283	<b>Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Exercise Scanning Electron Microscopy (2 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Scanning Electron Microscopy in Materials Science and Nanotechnology (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Thomas Przybilla	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Components of an SEM instrument</li> <li>Elastic/inelastic electron-probe/sample interactions, interaction volume, generation of secondary and backscattered electrons</li> <li>Contrast mechanisms of different detector systems</li> <li>Topographic und chemically-sensitive imaging</li> <li>Electron diffraction and its application in SEM</li> <li>Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM)</li> <li>Quantitative X-ray spectroscopy</li> <li>Focused ion beams (Dual-Beam FIB, He-ion microscopy)</li> <li>Preparation-specific challenges</li> <li>Application examples</li> </ul> <p>Specific topics are accompanied with suitable exercises (e.g. Monte-Carlo simulations to simulate electron trajectories).</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <p>Introduction to the basic concepts of and physics behind SEM</p> <p>Verstehen</p> <p>Overview over applications and deeper understanding of SEM and FIB techniques in materials science on the micro- and nanoscale</p> <p>Enhancement of knowledge through teaching of current SEM applications and state-of-the-art developments in research</p> <p>Anwenden</p> <p>Application and consolidation of taught contents by SEM-related exercises</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	

13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Reimer, Scanning Electron Microscopy, Springer Verlag.</p> <p>Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis</p> <p>Goldstein et al., Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis (2003)</p> <p>N. Yao, Focused Ion Beam Systems, Basics and Applications, Cambridge University Press, 2010.</p> <p>L.A. Gianuzzi, F.A. Stevie, Introduction to Focused Ion Beams. Instrumentation, Theory, Techniques and Practice, Springer, 2005.</p> <p>J. Orloff, M. Utlaut, L. Swanson, High Resolution Focused Ion Beams: FIB and its Applications, Springer, 2003</p> <p>Lecture notes.</p>

1	<b>Module name</b> 46285	<b>Scattering Methods for Nanostructured Materials</b>	<b>5 ECTS</b>
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	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	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	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen 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 Anwenden Each topic will be accompanied with suitable exercises	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Micro- and Nanostructure Research Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D.S. Sivia: Elementary Scattering Theory</li> <li>• B.E. Warren: X-ray Diffraction</li> <li>• J. M. Cowley: Diffraction Physics</li> <li>• A. Authier: Dynamical Scattering Theory</li> <li>• Als-Nielsen &amp; McMorrow: Elements of modern X-ray physics</li> <li>• J. Daillant and A. Gibaud: X-ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications</li> <li>• Renaud et al. 2009, Probing surface and interface morphology with Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering, Surface Science Reports 64, 255-380.</li> <li>• Rivnay et al. 2012, Quantitative Determination of Organic Semiconductor Microstructure from the Molecular to Device Scale, Chem. Rev. 112, 5488-5519.</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 46252	<b>Semiconductor Devices and Applications</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Work Thin Film Semiconductors (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Thomas Heumüller Dr. Andres Osvet	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Brabec	
5	<b>Contents</b>	Lecture / Exercise / Lab work <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into the fundamentals, materials and application of thin film semiconducting devices</li> <li>• semiconductor junctions</li> <li>• display technologies</li> <li>• photovoltaic technologies</li> <li>• photodetector and X-Ray technologies</li> <li>• thin film transistor, memory , storage and energy harvesting technologies</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• 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,</li> <li>• Processing and characterization of thin film semiconductors and semiconducting devices such as photovoltaics, LEDs, light conversion layers (lab course).</li> <li>• Data handling, data storage and written reporting in material science (lab course)</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Bachelor in Material Science, Nanotechnology, Energy Technology, Electronic Engineering, Computer Science, Physics, Chemistry, Chemical Engineering , Nanotechnologie, Energietechnik, Elektrotechnik, Physik, Chemie or comparable	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Materials for Electronics and Energy Technology Master of Science Nanotechnology 20222 <b>Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:</b>  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)	

		<p>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)</p> <p>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)</p> <p>Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Nanotechnologie (Master of Science)" verwendbar. Details</p>		
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable</p> <p><b>Studien-/Prüfungsleistungen:</b></p> <p>(englischer Titel: Semiconductor Devices and Applications)</p> <p><b>Semiconductor Devices and Applications (Prüfungsnummer: 62521)</b></p> <p>Prüfungsleistung, Portfolio, Dauer (in Minuten): 15, benotet, 5 ECTS</p> <p>Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced Semiconductors Introduction: Devices &amp; Applications</li> <li>Lab Work Thin Film Semiconductors</li> </ul> <p>weitere Erläuterungen:</p> <p>Lecture - graded certificate (students choose either exam on processing 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)</p> <p>Prüfungssprache: Englisch Erstablegung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Prüfer:</td> <td>Christoph J. Brabec</td> </tr> </table>	1. Prüfer:	Christoph J. Brabec
1. Prüfer:	Christoph J. Brabec			
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)		
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester		
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h		
14	<b>Module duration</b>	2 semester		
15	<b>Teaching and examination language</b>	english		
16	<b>Bibliography</b>	Wird an der Vorlesung dargestellt		

1	<b>Module name</b> 46233	<b>Seminar modul</b>	<b>5 ECTS</b>
2	<b>Courses / lectures</b>	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) Seminar: Main Seminar (Hauptseminar) M12 (2 SWS)	- - 0,5 ECTS -
3	<b>Lecturers</b>	Prof. Dr. Kyle Webber PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny PD Dr. Stephan Wolf apl.Prof.Dr. Nahum Travitzky	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.habil. Tobias Fey Prof. Dr. Dominique Ligny Prof. Dr. Kyle Webber PD Dr. Stephan Wolf
5	<b>Contents</b>	Science Seminar with reports on scientific projects <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vortragende aus der Industrie berichten aktuelle wissenschaftliche Themen und Projekte Literature seminar Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Papers in Form eines Vortrages und eines Posters</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen Ihre Kenntnisse über Präsentationstechniken</li> <li>• erlernen die Recherche von Literatur durch den Einsatz von Datenbanken</li> <li>• verstehen den inhaltlichen Aufbau von wissenschaftlichen Vorträgen und Berichten und können dies umsetzen</li> <li>• erlernen die Erstellung von wissenschaftlichen Postern und Berichten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 Glass and Ceramics Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Achievement credit
11	<b>Grading procedure</b>	Achievement credit (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 105 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46287	<b>Transmission Electron Microscopy in Material Science II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Transmission Electron Microscopy in Material Science II (2 SWS)	3 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Erdmann Spiecker Dr.-Ing. Benjamin Apeleo Zubiri Dr. Stefanie Rechberger Dr. Mingjian Wu Dr. Johannes Will	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erdmann Spiecker	
5	<b>Contents</b>	<p>The module deals with the fundamentals of micro- and nanostructure research with the focus on today's 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 &amp; "Applied Micro- and Nanostructure Research).</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden Fachkompetenz Wissen 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 Insight into the structure property relationship of materials Anwenden 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)</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	

11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Goodhews, Humphreys and Beanland: Electron Microscopy and Analysis</p> <p>Williams &amp; Carter: Transmission Electron Microscopy</p> <p>Reimer &amp; Kohl: Transmission Electron Microscopy</p> <p>Fultz &amp; Howe: Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials</p> <p>Reimer: Transmission Electron Microscopy</p> <p>P. Haasen: Physikalische Metallkunde</p> <p>G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde</p> <p>J. M. Cowley: Diffraction Physics</p> <p>Lecture notes.</p>

1	<b>Module name</b> 46204	<b>Tribologie und Oberflächentechnik</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum: Tribologie (2 SWS, SoSe 2023) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbereitungspraktika in Mastermodulen WW 1 inkl. Sicherheitsbelehrung (0 SWS, SoSe 2023) Vorlesung mit Übung: Grundlagen der Schadensanalyse an Bauteilen (2 SWS, SoSe 2023) Sonstige Lehrveranstaltung: Vorbereitungspraktika der Lehrveranstaltungen WW I (0 SWS) Vorlesung mit Übung: Werkstoffe: Tribologie und Oberflächentechnik (2 SWS, SoSe 2023) Praktikum: Praktikum Schadensanalyse (0 SWS)	3 ECTS - 3 ECTS - 2 ECTS -
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Prof. Dr. Peter Weidinger	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel	
5	<b>Contents</b>	* <b>Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 3 ECTS*</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschichtungstechnologien</li> <li>• Grundlagen der Tribologie</li> <li>• Verschleißmechanismen</li> <li>• Einführung in die Oberflächentechnik</li> </ul> * <b>Praktikum:Tribologie, 2 SWS, 2 ECTS*</b> * <b>Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum*</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse</li> <li>• Schadenshypothesen</li> <li>• Schadensabhilfemaßnahmen</li> <li>• praktische Fallbeispiele</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	* <b>Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)*</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge</li> <li>• vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen</li> </ul>	

7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 46248	<b>Tribologie und Oberflächentechnik und Schadensanalyse</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum: Tribologie (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Grundlagen der Schadensanalyse an Bauteilen (2 SWS, SoSe 2023)	3 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Werkstoffe: Tribologie und Oberflächentechnik (2 SWS, SoSe 2023)	2 ECTS
		Praktikum: Praktikum Schadensanalyse (0 SWS)	-
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel Prof. Dr. Peter Weidinger	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr.Ing. Heinz Werner Höppel	
5	<b>Contents</b>	<p>*Tribologie und Oberflächentechnik, V, 2 SWS, 3 ECTS*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschichtungstechnologien</li> <li>• Grundlagen der Tribologie</li> <li>• Verschleißmechanismen</li> <li>• Einführung in die Oberflächentechnik</li> </ul> <p>* Praktikum:Tribologie, 2 SWS, 2 ECTS*</p> <p>*Grundlagen der Schadensanalyse mit Praktikum*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegendes Vorgehen bei der Schadensanalyse</li> <li>• Schadenshypothesen</li> <li>• Schadensabhilfemaßnahmen</li> <li>• praktische Fallbeispiele</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Fachkompetenz Evaluieren (Beurteilen)* Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr Wissen über die vielfältigen strukturellen Aufbauten der Werkstoffe und können diese beurteilen</li> <li>• vertiefen das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen und über tribologische Vorgänge</li> <li>• vertiefen ihr Wissen zu Beschichtungstechnologien und Schichteigenschaften</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufbau, thermomechanischer Vorgeschichte und Eigenschaften der Werkstoffe und können diese erklären</li> <li>• vertiefen die erlernten Inhalte durch Praktikum</li> <li>• erlernen und wenden neuen Methoden an</li> <li>• erlernen und verstehen tribologische Vorgänge und evaluieren Kriterien zur Auswahl von Werkstoffen und Beschichtungen für tribologische Anwendungen</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	1. and 2. Scientific-technical elective module Master of Science Nanotechnology 20222 General Materials Properties Master of Science Nanotechnology 20222	

10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	
16	<b>Bibliography</b>	