Modulbezeichnung:	**Kernfach Mikro- und Nanostrukturforschung für MWT (MNF_M1_MWT)** (Micro- and Nanostructure Research for MWT)	**30 ECTS**
Modulverantwortliche/r:	Erdmann Spiecker	
Lehrende:	Benjamin Apeleo-Zubiri, Johannes Will, Stefanie Rechberger, Erdmann Spiecker, Mingjian Wu	

Startsemester: WS 2022/2023	Dauer: 2 Semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 345 Std.	Eigenstudium: 555 Std.	Sprache: Deutsch und Englisch

Lehrveranstaltungen:

Die Wahlpflichtveranstaltungen müssen so gewählt werden, dass mindestens 14 ECTS erbracht werden.

Nanomechanik und Rastersondenmikroskopie (WS 2022/2023, Vorlesung, 2 SWS, Mathias Göken)

Übungen zu Rastersondenmikroskopie / Nanomechanik (WS 2022/2023, Übung, 1 SWS, Martin Weiser et al.)

Pflichtveranstaltungen

Transmissionselektronenmikroskopie in Materialforschung und Nanotechnologie 1 (WS 2022/2023, Vorlesung, 2 SWS, Erdmann Spiecker)

Übungen zur Transmissionselektronenmikroskopie 1 (WS 2022/2023, Übung, 2 SWS, Mingjian Wu et al.)

Transmissionselektronenmikroskopie in Materialforschung und Nanotechnologie 2 (SS 2023, Vorlesung, 2 SWS, Erdmann Spiecker et al.)

Übungen zur Transmissionselektronenmikroskopie 2 (SS 2023, Übung, 2 SWS, Mingjian Wu et al.)

Kernfachpraktikum

Kernfachpraktikum Mikro- und Nanostrukturforschung (SS 2023, Praktikum, 6 SWS, Anwesenheitspflicht, Erdmann Spiecker et al.)

Wahlpflichtveranstaltungen

Seminar des GRK1896 "In situ microscopy with electrons, X-rays and scanning probes" (SS 2023, optional, Seminar, 2 SWS, Erdmann Spiecker et al.)

Rasterelektronenmikroskopie in Materialforschung und Nanotechnologie (WS 2022/2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Erdmann Spiecker et al.)

Seminar Mikro- und Nanostrukturforschung (WS 2022/2023, optional, Seminar, 1 SWS, Erdmann Spiecker)

Arbeitsgemeinschaft "Nano-Tomography" (WS 2022/2023, optional, Arbeitsgemeinschaft, 1 SWS, Benjamin Apeleo-Zubiri et al.)

Arbeitsgemeinschaft "C-allotropes and organic solar cells" (WS 2022/2023, optional, Arbeitsgemeinschaft, 1 SWS, Erdmann Spiecker et al.)

Arbeitsgemeinschaft "Thin films and Nanomechanics" (WS 2022/2023, optional, Arbeitsgemeinschaft, 1 SWS, Johannes Will et al.)

Arbeitsgemeinschaft "High-temperature materials" (WS 2022/2023, optional, Arbeitsgemeinschaft, 1 SWS, Erdmann Spiecker et al.)

Einweisung in die Bedienung des TEM (WS 2022/2023, optional, Kurs, 2 SWS, Tadahiro Yokosawa et al.)

Einweisung in die Bedienung des REM (WS 2022/2023, optional, Kurs, 2 SWS, Thomas Przybilla et al.)

Mikro- und Nanomechanik (SS 2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Benoit Merle)

Einführung in die Röntgen- und Neutronenstreuung I (WS 2022/2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Tobias Unruh)

Übungen zur Einführung in die Röntgen- und Neutronenstreuung I (WS 2022/2023, optional, Übung, 2 SWS, Tobias Unruh)

Introduction to X-ray and neutron scattering II (SS 2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Tobias Unruh)

Introduction to X-ray and neutron scattering II (Exercise class) (SS 2023, optional, Übung, 2 SWS, Tobias Unruh)

Quantitative Gefügeanalyse (Stereologie) (SS 2023, optional, Übungsseminar, 1 SWS, Heinz Werner Höppel)
Grundlagen der Schadensanalyse an Bauteilen (SS 2023, optional, Vorlesung mit Übung, Peter Weidinger)
Hochtemperaturwerkstoffe und Intermetallische Phasen (WS 2022/2023, optional, Vorlesung mit Übung, 2 SWS, Steffen Neumeier)
Röntgenmethoden in der Materialanalyse (SS 2023, optional, Vorlesung mit Übung, 1 SWS, Steffen Neumeier)
Numerische Methoden in den Werkstoffwissenschaften - Atomistische Methoden (SS 2023, optional, Vorlesung mit Übung, 4 SWS, Erik Bitzek)
Computational Nanoscience (SS 2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Erik Bitzek et al.)
Übung zu Computational Nanoscience (SS 2023, optional, Übung, Erik Bitzek)
Selbstorganisation an Oberflächen (SS 2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Marcus Halik)
Nanotechnology of Disperse Systems (WS 2022/2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Robin N. Klupp Taylor et al.)
Nanotechnology of Disperse Systems Exercises (WS 2022/2023, Übung, 1 SWS, Robin N. Klupp Taylor et al.)
Kolloidale Nanokristalle (SS 2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Wolfgang Heiß)
Nanospektroskopie (WS 2022/2023, optional, Vorlesung, 2 SWS, Wolfgang Heiß et al.)
Optical Lithography: Technology, Physical Effects, and Modelling (WS 2021/2022, optional, Vorlesung, 2 SWS, tech/IE/LEB/erdman)
Übung zu Optical Lithography (WS 2021/2022, optional, Übung, 2 SWS, tech/IE/LEB/erdman)
Halbleitertechnik IV - Nanoelektronik (SS 2022, optional, Vorlesung, 2 SWS, tech/IE/LEB/jankmi)

Inhalt:

Das Modul befasst sich mit den Grundlagen der Mikro- und Nanostrukturforschung und hat zum Ziel, den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die weitreichenden Möglichkeiten der Strukturuntersuchung von Materialen mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden aufzuzeigen. Der Schwerpunkt dieses Moduls liegt bei der Elektronenmikroskopie und im Rahmen von Vorlesungen, Übungen und Praktika soll ein fundiertes Verständnis für die Wechselwirkung von schnellen Elektronen mit Materie und die daraus resultierenden Kontrastphänomene in elektronenmikroskopischen Abbildungen und Beugungsbildern erarbeitet werden. Darüber hinaus werden die Komponenten der Raster- und Transmissionelektronenmikroskope anschaulich erläutert um ein Verständnis für die Funktionsweise der Elektronenmikroskope zu generieren. Im Bereich der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) werden die Verfahren der sog. konventionellen TEM, der Elektronenbeugung, hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) sowie die wichtigsten analytische Verfahren - Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDXS), Elektronen-Energie-Verlust-Spektroskopie (EELS) und Energiegefilterte TEM (EFTEM) - behandelt. Im Bereich der Rasterelektronenmikroskopie (REM) werden die verschiedenen Abbildungsmodii, fortgeschrittene REM-Techniken für topographische und chemische Abbildung als auch moderne verwandte Methoden wie Dual-Beam FIB und He-Ionenmikroskopie diskutiert.

Die Wahlpflichtveranstaltungen sind breit gefächert, um einen vielfältigen Einblick in komplementäre Strukturuntersuchungsmethoden wie zum Beispiel Röntgen- und Neutronenstreumethode als auch Rastersonden- und Rasterkraftmethoden zu ermöglichen. Da die Simulation eine essenzielle Rolle in der Strukturaufklärung spielt, werden auch Lehrveranstaltungen zu unterschiedlichen Simulationsmethoden angeboten. Aufgrund der Tatsache, dass die Strukturforschung auf die unterschiedlichsten Materialklassen anwendbar ist, bietet dieses Modul auch die Möglichkeit sich in den verschiedenen Materialklassen und deren Eigenschaften zu vertiefen.

Lernziele und Kompetenzen:

Die Studierenden

- erlernen vertieft die mikroskopischen Verfahren zur Untersuchung von Materialien auf kleinen Längenskalen
- erlernen vertieft die vielfältigen Verfahren der Elektronenmikroskopie und deren Anwendung in den Material- und Nanowissenschaften

- verstehen die Einsatzmöglichkeiten hochaufgelöster mikroskopischer Verfahren zur Untersuchung von Nanomaterialien
- verstehen die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften von Werkstoffen
- erwerben fundierter Kenntnisse über die Grundlagen zum Aufbau der verschiedenen Werkstoffklassen
- wenden die erlernten Inhalte bei Übungen und Praktika an den Mikroskopen (REM, TEM) an
- erweitern ihren Wissenshorizont durch angewandte Beispiele und Übungen

Literatur:

- Vorlesungsskripte
- Goodhew, Humphreys and Beanland, Electron Microscopy and Analysis, Taylor & Francis
- Williams & Carter, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag
- Reimer & Kohl, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag
- Fultz & Howe, Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Mateirals. Springer Verlag
- Reimer, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag
- Reimer, Scanning Electron Microscopy, Springer Verlag
- Fuchs, Oppolzer and Rehme, Particle Beam Microanalysis, VCH Verlagsgesellschaft
- P. Haasen, Physikalische Metallkunde, Springer Verlag
- G. Gottstein, Physikalische Grundlagen der Materialkunde, Spinger Verlag
- Weitere Fachliteratur

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] **Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science)**
(Po-Vers. 2010 | TechFak | Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Module M1 - M3 (gegliedert nach Kernfächern) | Kernfach Mikro- und Nanostrukturfoschung | 1. Werkstoffwissenschaftliches Modul (M1) | Mikro- und Nanostrukturforschung)

Studien-/Prüfungsleistungen:

Mikro- und Nanostrukturforschung (Prüfungsnummer: 64601)
Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 40
Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
weitere Erläuterungen:
Die ausgewählten optionalen Lehrveranstaltungen im Umfang von 14 ECTS sind den Studien-/Prüfungsleistungen zugeordnet.
Alternative Prüfungsform laut Corona-Satzung: Die mündliche Prüfung findet als digitale Fernprüfung per ZOOM statt.
Prüfungssprache: Deutsch

Erstablegung: SS 2023, 1. Wdh.: WS 2023/2024
1. Prüfer: Erdmann Spiecker

Kernfachpraktikum Mikro- und Nanostrukturforschung (Prüfungsnummer: 64602)
Studienleistung, Praktikumsleistung
weitere Erläuterungen:
Verbindliche Zulassungsvoraussetzung zum Praktikum ist die Teilnahme an der zugehörigen Sicherheitsbelehrung. Verbindliche Teilnahmevoraussetzung für jeden einzelnen Praktikumsversuch ist die erfolgreiche Erledigung des Vorprotokolls (Antestat). Das Praktikum ist nur bestanden, wenn alle Versuche sowie alle Vor- und Nachprotokolle erfolgreich absolviert wurden, d.h. die vollständig ausgefüllte Testatkarte mit Nachweisen für Vorprotokolle (Antestate) sowie für Versuchsdurchführungen und Nachprotokolle (Abtestate) fristgerecht vorgelegt wurde.
Prüfungssprache: Deutsch und Englisch

Erstablegung: SS 2023, 1. Wdh.: keine Angabe
1. Prüfer: Erdmann Spiecker