

Nr.	MSc-TEC 37			
Modultitel	Mikro- und Nanoanalytik in der Materialforschung			
Modulverantwortliche/r	Univ.-Prof. Dr. Benjamin Butz			
Lehrende/r	Univ.-Prof. Dr. Benjamin Butz			
Fakultät	IV			
Pflicht/Wahlpflicht	WP			
Moduldauer	2 Semester			
Angebotshäufigkeit	jedes Semester			
Empfohlenes Fachsemester	s. Studienverlaufsplan			
Lehrsprache	Deutsch/Englisch			
LP	9			
SWS	6			
Präsenzstudium	75 h			
Selbststudium	105 h			
Workload	180 h			
Lehr- und Lernform	ggf. Veranstaltungen/Modulelemente	Gruppen- größe	SWS	ggf. Workload/ LP
Vorlesung	Rasterelektronen- und Ionenmikroskopie (REM)	20	2	
Vorlesung	Abbildende TEM und Elektronenbeugung (TEM1)	20	2	
Vorlesung	Fortgeschrittene TEM und spektroskopische Methoden (TEM2)	20	2	
Vorlesung	Moderne Röntgenmethoden (RM)	20	2	
Leistungen	Form			Dauer/Umfang
Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung			40 Min.
Studienleistungen	---			
Qualifikationsziele	<p>Dieses Modul behandelt essentielle Charakterisierungsmethoden vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen und Entwicklungen im Maschinenbau wie der Elektromobilität, dem/der autonomen Fahren/Prozesstechnik, der Verkehrs-/Betriebssicherheit, der additiven Fertigung, der Ressourcenschonung und der Schadstoffminimierung. Die hochmodernen Methoden werden eingesetzt, um gezielt die komplexen Zusammenhänge zwischen den Werkstoffeigenschaften, der Langzeitstabilität und der Werkstoffstruktur und Chemie auf mikroskopischen Skalen aufzuklären.</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> - kennen das Spektrum wichtiger mikro- und nanoanalytischer Methoden zur komplementären Material- und Bauteilcharakterisierung (REM/FIB, TEM, Röntgenmethoden) und damit zur Aufklärung von Struktur-Eigenschaft-Beziehungen bis auf die atomare Skala und deren Anwendungsspektrum - kennen geeignete Verfahren zur Probenpräparation. - verstehen die wichtigsten Untersuchungsmethoden, kennen deren Vorteile und Beschränkungen und können geeignete Methoden und Untersuchungsparameter für eigene materialwissenschaftliche Fragestellungen ermitteln. - kennen die Komponenten modernster Geräte, können deren Funktion und wichtige Justageschritte erklären. - kennen die wichtigsten am Standort verfügbaren Großgeräte, die für Abschlussarbeiten zur Verfügung stehen. - beherrschen die physikalischen Grundlagen der Signalentstehung und -detektion und können Messdaten/Kontrastmechanismen grundlegend analysieren. - können die Fachtermini korrekt einsetzen. 			

Inhalte	<p>Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transmissionselektronenmikroskopie, -spektroskopie TEM - Rasterelektronen-/Rasterionenmikroskopie REM/FIB, IM - Röntgenbeugung/-spektroskopie/-tomographie XRD/XAS/CT - Probenpräparation <p>Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufklärung der lokalen Struktur-Eigenschaft-Beziehung durch Charakterisierung der Probenmorphologie, Kristallstruktur, Zusammensetzung, chem. Bindung: Phasen-/Defektanalyse, Strukturbildung, Festkörperdiffusion/-reaktion, u.v.m. - Direkte Messung lokaler Eigenschaften von Materialien/in ganzen Bauelementen durch <i>in situ</i> Verfahren und unter externen Stimuli <p>Geräteaufbau</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quellen für Elektronen-/Ionen-/Röntgenstrahlen, Strahlführung/-abbildung, Detektoren, Probenmanipulation, hochaktuelle Geräteentwicklungen, modernste <i>in situ</i>-Funktionalität - Gerätejustage, Einfluss von Beleuchtungs-/Abbildungsparametern und deren Optimierung - Probenpräparation, -optimierung <p>Physikalische Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elastische/inelastische Wechselwirkung relativistischer Elektronen und Röntgenquanten mit Materie (Atom, Kristallgitter), Röntgenanregung/-absorption, kohärente Beugung (Strukturfaktor/Gitteramplitude) - Details der Signaldetektion, Grundlagen der Detektorfunktion <p>Charakterisierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>TEM</u>: konventionelle Abbildung, atomar hochauflösende HR(S)TEM, STEM, Elektronenbeugung, Röntgenspektroskopie, Elektronenenergieverlustspektroskopie, Tomographie, <i>in situ</i> TEM - <u>REM</u>: topographische/chemische Oberflächenabbildung, Röntgenspektroskopie, EBSD, STEM, <i>in situ</i> REM - <u>IM</u>: Probencharakterisierung, Nanomanipulation, Probenpräparation, Tomographie - <u>Röntgenmethoden</u>: verschiedene Beugungsmethoden für Pulver, Einkristalle, Dünnschichten, Absorptionsspektroskopie, Tomographie, u.a.
Verwendbarkeit in den folgenden Studiengängen	
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Voraussetzungen für die Vergabe von LP	bestandene Prüfungsleistung

<p>Literatur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reimer, <i>Scanning Electron Microscopy: Physics of Image Formation and Microanalysis</i>, Springer Verlag 1998 - Goldstein et al., <i>Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis</i>, Plenum Press 1981 - Goodhews, Humphreys, Beanland, <i>Electron Microscopy and Analysis</i>, Taylor & Francis 2001 - Goldstein & Yakowitz, <i>Practical Scanning Electron Microscopy</i>, Plenum Press 1975 - Gianuzzi & Stevie, <i>Introduction to Focused Ion Beams. Instrumentation, Theory, Techniques and Practice</i>, Springer 2005 - Williams & Carter, <i>Transmission Electron Microscopy</i>, Plenum Press 1996 - Fultz & Howe, <i>Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials</i>, Springer 2001 - Reimer, <i>Transmission Electron Microscopy Physics of Image Formation and Microanalysis</i>, Springer 1997 - Spieß et al., <i>Moderne Röntgenbeugung und -diffraktometrie für Materialwissenschaftler, Physiker und Chemiker</i>, Vieweg-Teubner 2009 - Allmann, <i>Röntgen-Pulverdiffraktometrie - Rechnergestützte Auswertung, Phasenanalyse und Strukturbestimmung</i>, Springer 2003 - Will, <i>Powder Diffraction - The Rietveld Method and the Two Stage Method to Determine and Refine Crystal Structures from Powder Diffraction Data</i>, Springer 2006
<p>Sonstige Information</p>	<p>Teilnahme an VL TEM1 als Grundlage für VL TEM2 empfohlen. Elektronisches Skript wird zur Verfügung gestellt.</p>