

Besondere Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Materials Science der Fakultät für Naturwissenschaften an der Universität Paderborn

vom 12.01.2024

Aufgrund des § 2 Absatz 4 und des § 64 Absatz 1 des Gesetzes über die Hochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hochschulgesetz – HG) vom 16. September 2014 (GV.NRW. S. 547), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 12. Juli 2019 (GV. NRW. S. 425, berichtigt S. 593), hat die Universität Paderborn folgende Ordnung erlassen:

Inhalt

§ 31 Allgemeine und Besondere Bestimmungen	3
§ 32 Erwerb von Kompetenzen und Sprachenregelung.....	3
§ 33 Akademischer Grad	3
§ 34 Studienbeginn	4
§ 35 Zugangsvoraussetzungen.....	4
§ 36 Gliederung, Studieninhalte, Module.....	5
§ 37 Teilnahmevoraussetzungen, Zulassung.....	6
§ 38 Prüfende	6
§ 39 Leistungen in den Modulen	6
§ 40 Masterarbeit	8
§ 41 Gesamtnote	8
§ 42 Zusatzleistungen.....	8
§ 43 Wiederholung von Prüfungsleistungen.....	8
§ 44 Übergangsbestimmungen	8
§ 45 Inkrafttreten, Außerkrafttreten und Veröffentlichung	9
Anhang 1: Studienverlaufsplan	10
Anhang 2: Modulbeschreibungen	11

§ 31

Allgemeine und Besondere Bestimmungen

Diese Besonderen Bestimmungen gelten in Verbindung mit den Allgemeinen Bestimmungen für die Prüfungsordnungen der Masterstudiengänge der Fakultät für Naturwissenschaften an der Universität Paderborn in der jeweils geltenden Fassung (Allgemeine Bestimmungen). Für einen sachgerechten Aufbau des Studiums befindet sich im Anhang ein Studienverlaufsplan. Einzelheiten zu den Modulen können den Modulbeschreibungen im Anhang entnommen werden, die Teil dieser Besonderen Bestimmungen sind.

§ 32

Erwerb von Kompetenzen und Sprachenregelung

- (1) Das Studium vermittelt vertiefte Kenntnisse, Fertigkeiten und Methoden in den Materialwissenschaften. Der Schwerpunkt liegt insbesondere auf dem molekularen Verständnis der Materie und davon ausgehend, lernen die Studierenden die gesamte Prozesskette kennen vom Design mittels atomistischer Simulation bis hin zum makroskopischen Material. In zwei jeweils überwiegend chemisch bzw. physikalisch ausgerichteten praktischen Kursen und in einer Ringvorlesung werden verschiedenste Analyse- und Charakterisierungstechniken sowie Synthesemethoden vorgestellt und durch die Studierenden angewendet.

Die Absolventinnen und Absolventen sind somit befähigt, selbstständig mit hoher wissenschaftlicher Qualifikation Fragestellungen auf dem Gebiet der Materialwissenschaften zu bearbeiten und kritisch zu bewerten. Durch eine entsprechende Schwerpunktsetzung im Wahlpflichtbereich kann eine Profilbildung in den Bereichen Materialanalyse und -simulation, sowie nachhaltige Materialien und Nanotechnologie erfolgen.

Eine der Stärken dieses Studiengangs ist die hohe interdisziplinäre Ausrichtung durch die Beteiligung der Fakultäten für Naturwissenschaften (Chemie/Physik), Maschinenbau und Elektrotechnik, Informatik und Mathematik. Das ermöglicht ein umfangreiches Lehrangebot und eine große Palette an Wahlpflichtmodulen. Die Inhalte werden somit aus verschiedenen Blickwinkeln vermittelt, wodurch die Studierenden im späteren Berufsleben in fachübergreifenden Teams aus Naturwissenschaftlern und Ingenieuren angemessen kommunizieren können. Grundsätzlich handelt es sich um einen wissenschaftsbasiert ausgerichteten Studiengang, der nicht nur zu einer Tätigkeit in der (forschenden) Industrie befähigt, sondern auch eine wissenschaftliche Karriere mit einer anschließenden Promotion eröffnet.

Aktuelle Themen wie nachhaltige Materialien, additive Fertigungsmethoden oder maschinelles Lernen/künstliche Intelligenz sind ebenso zentrale Bestandteile dieses Studienangebots und können durch entsprechende Kurswahl vertieft werden. Die jeweiligen Inhalte der Lehrveranstaltungen sind in den Modulbeschreibungen detailliert dargestellt.

- (2) Masterstudium und Masterprüfung finden in englischer Sprache statt. Alle Prüfungen werden ebenfalls in dieser Sprache durchgeführt.

§ 33

Akademischer Grad

Aufgrund des erfolgreichen Abschlusses des Masterstudiums wird der akademische Grad „Master of Science“ (M.Sc.) verliehen.

§ 34 Studienbeginn

Das Studium kann nur zum Wintersemester aufgenommen werden.

§ 35 Zugangsvoraussetzungen

- (1) Das Studium setzt in Umsetzung des § 5 der Allgemeinen Bestimmungen einen Studienabschluss voraus, der nachfolgend beschriebene Kompetenzen beinhaltet:
 - a) Physikalische Grundlagen: Beherrschung der Grundlagen der Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik, der Atomphysik, der Quantenmechanik und der Festkörperphysik, verbunden mit der Fähigkeit zur Modellbildung und abstrakten mathematischen Formulierung physikalischer Sachverhalte.
 - b) Praktika: Erkennen und Extrahieren wesentlicher naturwissenschaftlicher Zusammenhänge anhand selbst durchgeführter Experimente, Protokollierung und kritischer Auswertung der Versuchsergebnisse. Sicherer Umgang mit grundlegenden chemischen, physikalischen oder materialwissenschaftlichen Versuchsaufbauten und Messmethoden.
 - c) Chemische Grundlagen: Beherrschung der Grundlagen der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie, der stofflichen Systematik, der Energetik, der Bindungslehre, der grundlegenden spektroskopischen Verfahren.
 - d) Höhere Mathematik: Beherrschung der grundlegenden mathematischen Konzepte und Methoden, die zum Verständnis und zur Lösung von Problemen im Masterstudium Materials Science benötigt werden. Hierbei handelt es sich um fundierte Kenntnisse in den Bereichen Lineare Algebra, Analysis, Fourier-Reihen, Differentialgleichungen, Vektoranalysis.
- (2) Die Feststellung über die Voraussetzungen trifft der Prüfungsausschuss. Fehlen Kompetenzen oder Studienanteile, so kann die Einschreibung mit der Auflage erfolgen, diese durch angemessene Studien nachzuholen und durch das Bestehen zugehöriger Prüfungen bis zur Meldung zur Masterarbeit nachzuweisen. Die Entscheidung hierüber sowie über Art und Umfang der Studien und Prüfungen trifft der Prüfungsausschuss auf der Grundlage des vorangegangenen Studienabschlusses. Die fehlenden und nachzuholenden Kompetenzen oder Studienanteile dürfen 30 LP nicht überschreiten. Die Studien und Prüfungen sollten im ersten Semester des Masterstudiengangs erbracht werden.
- (3) Der Bachelor-Studienabschluss muss mit einer Gesamtnote von mindestens 3,0 (oder einer äquivalenten ausländischen Abschlussnote) erfolgt sein.
- (4) Über die in § 5 der Allgemeinen Bestimmungen genannten Voraussetzungen hinaus besteht folgende weitere Zugangsvoraussetzung:

Englische Sprachkenntnisse gemäß Europäischem Referenzrahmen für Sprachen mit mindestens der Niveaustufe B2.

Die Englischkenntnisse können insbesondere nachgewiesen werden durch Abiturzeugnisse, auf denen das Niveau B 2 ausgewiesen ist oder durch Abiturzeugnisse aus NRW, aus denen sich ergibt, dass Englisch als fortgeführte Fremdsprache mindestens am Ende der Qualifikationsphase 1 der gymnasialen Oberstufe mit mindestens ausreichenden Leistungen bzw. 5 Punkten (Grundkurs oder Leistungskurs) abgeschlossen wurde. Ferner können die Englischkenntnisse z.B. durch den TOEFL (internet-based, 87 Punkte), IELTS (5.5), Cambridge ESOL (FCE) oder UNlcert II oder durch ein gleichwertiges Zertifikat nachgewiesen werden. Das vorgelegte Zertifikat darf nicht älter als maximal

zwei Jahre sein, gerechnet ab Beginn des Semesters, zu dem die Einschreibung beantragt wird. Der Nachweis der Sprachkenntnisse ist Voraussetzung für die Einschreibung.

- (5) Für den Fall, dass die Studienbewerberin bzw. der Studienbewerber in dem bisherigen Studiengang an einer Hochschule im Geltungsbereich des Grundgesetzes eine nach der Prüfungsordnung erforderliche Prüfung endgültig nicht bestanden hat und der bisherige Studiengang eine erhebliche inhaltliche Nähe zu dem Masterstudiengang Materials Science aufweist, wird die Einschreibung unter den Voraussetzungen des § 5 Absatz 3 der Allgemeinen Bestimmungen versagt.

§ 36

Gliederung, Studieninhalte, Module

- (1) Im Masterstudiengang Materials Science sind folgende Module zu absolvieren:

Pflichtmodule:

- Modul 1: General Concepts in Materials Science (10 LP)
- Modul 2: Atomistic Materials Modeling (6 LP)
- Modul 3: Nanomaterials (5 LP)
- Modul 4: Materials Analysis (5 LP)
- Modul 5: Laboratory Course on Materials Physics and Analysis (6 LP)
- Modul 6: Laboratory Course on Materials Chemistry and Analysis (5 LP)
- Modul 7: Sustainable Materials and Processes (6 LP)
- Modul 8: Project based Course (8 LP)
- Modul 9: Master Thesis (30 LP)

Wahlpflichtmodule:

[Wahlpflichtbereich 1: Materials Analysis]

- Modul 10: Advanced Electron Microscopy (6 LP)
- Modul 11: Ion Beam Analysis of Materials (6 LP)
- Modul 12: Time resolved Spectroscopy (5 LP)
- Modul 13: Surface and Interface Analysis (5 LP)

[Wahlpflichtbereich 2: Theoretical and Computational Materials Science]

- Modul 14: Atomistic Dynamics and Artificial Intelligence in Materials Science (6 LP)
- Modul 15: Computational Spectroscopy (6 LP)
- Modul 16: Simulation of Materials at the Meso- and Macroscale (6 LP)
- Modul 17: Spintronics (6 LP)

[Wahlpflichtbereich 3: Advanced Materials and Biomaterials]

- Modul 18: Particles and Composites (5 LP)
- Modul 19: Additive Manufacturing (5 LP)
- Modul 20: Sustainable Electrochemistry (6 LP)
- Modul 21: Biomaterials (5 LP)

[Wahlpflichtbereich 4: Nanomaterials and Nanotechnology]

- Modul 22: Functional Materials (6 LP)

- Modul 23: Photonic Nanostructures (6 LP)
- Modul 24: Micro Electromechanical Systems (6 LP)
- Modul 25: Semiconductor Epitaxy (6 LP)
- Modul 26: Semiconductor Technology (6 LP)
- Modul 27: Solid-State Materials Chemistry (6 LP)

- (2) Im Wahlpflichtbereich gibt es vier thematische Schwerpunkte, deren Inhalt der vorstehenden Übersicht zu entnehmen ist. Aus drei von diesen vier Bereichen ist mindestens ein Modul zu wählen. Insgesamt müssen im Wahlpflichtbereich drei Module mit 5 LP und vier Module mit 6 LP belegt werden. Darüber hinaus obliegt die Schwerpunktsetzung den Studierenden.
- (3) Wählen die Studierenden in der Mehrzahl Module aus den Wahlpflichtbereichen 1 und 2 bzw. 3 und 4 wird auf dem Masterzeugnis eine entsprechende Profilbildung durch die Zusatzbezeichnung „Materials Analysis and Simulation“ („Materialanalytik und Simulation“) bzw. „Sustainable Materials and Nanotechnology“ („Nachhaltige Materialien und Nanotechnologie“) ausgewiesen.

§ 37

Teilnahmevoraussetzungen, Zulassung

- (1) Teilnahmevoraussetzungen für ein Modul gemäß § 7 Absatz 2 der Allgemeinen Bestimmungen regeln die Modulbeschreibungen.
- (2) Zur Masterarbeit kann nur zugelassen werden, wer zum Zeitpunkt des Antrags auf Zulassung an der Universität Paderborn für den Masterstudiengang Materials Science eingeschrieben oder gemäß § 52 HG als ZweithörerIn bzw. Zweithörer zugelassen ist und alle LP des Curriculums mit Ausnahme von bis zu 12 LP, die sich nicht auf Praktika beziehen, erworben hat. Auch während der Prüfungen müssen diese Voraussetzungen gegeben sein.
- (3) Weitere Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen gemäß § 12 Absatz 2 der Allgemeinen Bestimmungen werden in den Modulbeschreibungen geregelt.

§ 38 Prüfende

Der Kreis der Prüfenden kann im Rahmen des § 65 HG erweitert werden.

§ 39

Leistungen in den Modulen

- (1) In den Modulen sind Leistungen nach Maßgabe der Modulbeschreibungen zu erbringen.
- (2) Prüfungsleistungen werden gemäß § 15 der Allgemeinen Bestimmungen in Form von Klausuren, mündlichen Prüfungen oder in anderen Formen erbracht. Folgende andere Formen sind insbesondere vorgesehen:

1. Projektbericht:

Hier sollen die Studierenden die wesentlichen Ergebnisse ihres Projektstudiums angemessen darstellen und kritisch diskutieren. Die äußere Form und der Inhalt des Berichts soll an eine Publikation in einer Fachzeitschrift angelehnt sein, damit die Studierenden bereits in der Ausbildung die Veröffentlichung von Forschungsdaten in internationalen Journalen kennen lernen.

2. Seminarbericht:

Die Studierenden erstellen jeweils einen Bericht, einschließlich der kritischen Auswertung und fachlich angemessenen Diskussion von Originaldaten aus Praktikumsversuchen; aufgebaut in Analogie zu einer wissenschaftlichen Veröffentlichung. Die Prüfungsleistung besteht aus der Bewertung der Qualität dieser Berichte vor dem Hintergrund des erlernten Wissens aus dem zugehörigen Seminar.

3. Gesamtheit der Versuche: Die Versuchsdurchführung besteht aus mehreren Teilleistungen:
 - Ein unbenotetes Antestat vor dem Versuch, in dem die Vorbereitung des Experiments in Theorie und Praxis, sowie die Kenntnis der notwendigen Sicherheitsvorschriften überprüft wird die sinnvolle Durchführung des Experiments einschließlich der Messdatenaufnahme
 - ein unbenotetes kurzes Gespräch nach dem Versuch über die Ergebnisse und aufgetretene Probleme bei der Durchführung
 - ein benotetes Protokoll, das kurz den theoretischen Hintergrund und die Durchführung des Experiments beleuchtet und schwerpunktmäßig die Auswertung der Daten und deren kritischen Diskussion beinhalten soll. Ein Praktikum besteht aus mehreren einzelnen Versuchen, die alle bearbeitet werden müssen. Die Gesamtnote des Praktikums wird aus dem Mittelwert aller Protokollnoten gebildet.
4. Vortrag: Hier sollen die Studierenden ein aktuelles Forschungsthema an Hand von (vorgegebenen) Veröffentlichungen für eine interdisziplinäre Zuhörerschaft aufbereiten und wissenschaftlich angemessen exemplarisch referieren.

Näheres regeln die Modulbeschreibungen.

- (3) Die Dauer einer Klausur beträgt 60 bis 180 Minuten.

Die Dauer einer mündlichen Prüfung beträgt ca. 30 bis 45 Minuten.

Die Dauer eines Vortrags beträgt 15 bis 45 Minuten.

Der Umfang eines Projektberichts beträgt 30 bis 50 Seiten.

Ein Seminarbericht soll einen Seitenumfang von 2 bis 3 Seiten haben.

Der Umfang eines Praktikumsprotokolls beträgt 5 bis 10 Seiten, wobei der Schwerpunkt auf der Auswertung und Diskussion der Ergebnisse liegen soll.

Näheres regeln die Modulbeschreibungen.

- (4) Sofern in den Modulbeschreibungen Rahmenvorgaben zu Form, Dauer oder Umfang von Prüfungsleistungen enthalten sind, setzt der Prüfungsausschuss im Benehmen mit der bzw. dem Prüfenden fest, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist. Dies wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit von der bzw. dem jeweiligen Lehrenden und im Campus Management System der Universität Paderborn oder in sonstiger geeigneter Weise bekannt gegeben.
- (5) Als Studienleistung kommt insbesondere in Betracht:

- Vortrag zu einem exemplarischen Thema (max. 30 Minuten)
- Protokoll zu Praktikumsversuchen (ca. 4.000 Wörter)

Näheres regeln die Modulbeschreibungen. Sofern in den Modulbeschreibungen Rahmenvorgaben enthalten sind, setzt die bzw. der jeweilige Lehrende fest, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist. Dies wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit von der bzw. dem jeweiligen Lehrenden und im Campus Management System der Universität Paderborn oder in sonstiger geeigneter Weise bekannt gegeben.

- (6) Anwesenheitsobliegenheiten werden in den Modulbeschreibungen geregelt.

§ 40 Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit soll einen Umfang von 50 bis 100 Seiten haben. Die Bearbeitungszeit für die Masterarbeit beträgt 20 Wochen. Beträgt die Dauer weniger als 16 Wochen, so muss dies durch die Betreuerin bzw. den Betreuer schriftlich begründet werden.
- (2) Eine mündliche Verteidigung gemäß § 19 der Allgemeinen Bestimmungen ist erforderlich. Die mündliche Verteidigung dauert 30-45 Minuten. Bei der mündlichen Verteidigung der Masterarbeit soll die Kandidatin oder der Kandidat diese in ihren thematischen Schwerpunkten und Ergebnissen vorstellen und erläutern (ca. 20 Min.). Dem schließt sich eine Diskussion an. Masterarbeit und mündliche Verteidigung haben eine Gewichtung von 4:1 bei der Bildung der Note für das Abschlussmodul.

§ 41 Gesamtnote

Die Gesamtnote wird gemäß § 21 der Allgemeinen Bestimmungen gebildet.

§ 42 Zusatzleistungen

Studierende können Zusatzleistungen gemäß § 20 der Allgemeinen Bestimmungen in nicht teilnehmerbegrenzten Modulen des Studiengangs erbringen.

§ 43 Wiederholung von Prüfungsleistungen

Eine nicht bestandene Modulabschlussprüfung bzw. Modulteilprüfung kann dreimal wiederholt werden.

§ 44 Übergangsbestimmungen

- (1) Diese Besonderen Bestimmungen gelten für alle Studierenden, die ab dem Wintersemester 2024/2025 erstmalig für den Masterstudiengang Materials Science der Fakultät für Naturwissenschaften an der Universität Paderborn eingeschrieben werden.
- (2) Studierende, die vor dem Wintersemester 2024/2025 an der Universität Paderborn für den Masterstudiengang Materials Science eingeschrieben worden sind, legen ihre Masterprüfung einschließlich Wiederholungsprüfungen letztmalig im Wintersemester 2026/2027 nach der Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Materials Science der Fakultät für Naturwissenschaften an der Universität Paderborn in der Fassung vom 16. Juni 2017 (AM.Uni.Pb. 45.17), zuletzt geändert durch Satzung vom 23. März 2018 (AM.Uni.Pb. 05.18) ab. Danach wird die Masterprüfung einschließlich Wiederholungsprüfungen nach diesen Besonderen Bestimmungen abgelegt. Auf Antrag beim Prüfungsausschuss kann bereits vorher in diese Besonderen Bestimmungen gewechselt werden. Der Antrag ist unwiderruflich.

§ 45

Inkrafttreten, Außerkrafttreten und Veröffentlichung

- (1) Die Besonderen Bestimmungen treten am 01.10.2024 in Kraft. Gleichzeitig tritt die Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Materials Science der Fakultät für Naturwissenschaften an der Universität Paderborn in der Fassung vom 23. März 2018 (AM.Uni.Pb. 05.18) außer Kraft. § 44 bleibt unberührt.
- (2) Die Besonderen Bestimmungen werden in den Amtlichen Mitteilungen der Universität Paderborn (AM.Uni.Pb.) veröffentlicht.
- (3) Gemäß § 12 Absatz 5 HG kann nach Ablauf eines Jahres seit der Bekanntmachung dieser Ordnung gegen diese Ordnung die Verletzung von Verfahrens- oder Formvorschriften des Hochschulgesetzes oder des Ordnungs- oder des sonstigen autonomen Rechts der Hochschule nicht mehr geltend gemacht werden, es sei denn,
 1. die Ordnung ist nicht ordnungsgemäß bekannt gemacht worden,
 2. das Präsidium hat den Beschluss des die Ordnung beschließenden Gremiums vorher beanstandet,
 3. der Form- oder Verfahrensmangel ist gegenüber der Hochschule vorher gerügt und dabei die verletzte Rechtsvorschrift und die Tatsache bezeichnet worden, die den Mangel ergibt, oder
 4. bei der öffentlichen Bekanntmachung der Ordnung ist auf die Rechtsfolge des Rügeausschlusses nicht hingewiesen worden.

Anhang 1: Studienverlaufsplan

Semester	Modul	LP	Workload (h)
1.	General Concepts of Materials Science	10	300
	Atomistic Materials Modeling	6	180
	Nanomaterials	5	150
	Materials Analysis	5	150
	Variante A: ein Modul aus Wahlpflichtbereich mit 5 LP	5	150
	Variante B: ein Modul aus Wahlpflichtbereich mit 6 LP	6	180
Summe		31 bzw. 32	930 bzw. 960
2.	Laboratory course on Materials Physics and Analysis	6	180
	Variante A: drei Module aus Wahlpflichtbereich mit 6 LP und ein Modul mit 5 LP	23	690
	Variante B: zwei Module aus Wahlpflichtbereich mit 6 LP und zwei Module mit 5 LP	22	660
Summe		29 bzw. 28	870 bzw. 840
3.	Laboratory course on Materials Chemistry and Analysis	5	150
	Project based Course	8	240
	Sustainable Materials and Processes	6	180
	Variante A und B: ein Modul aus Wahlpflichtbereich mit 5 LP und ein Modul aus Wahlpflichtbereich mit 6 LP	11	330
Summe		30	900
4.	Master Thesis	30	900
Summe		30	900

Anhang 2: Modulbeschreibungen

General Concepts in Materials Science							
General Concepts in Materials Science							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
1	300	10	1.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	la	Advanced Concepts in Materials Science and Engineering	V	45	75	P	ca. 120
	lb	Advanced Concepts in Materials Science and Engineering	Ü	15	30	P	bis zu 30
	IIa	Quantum Mechanics in Materials Science	V	30	60	P	ca. 120
	IIb	Quantum Mechanics in Materials Science	Ü	15	30	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundkenntnisse im Aufbau und Kristallstruktur fester Stoffe, Grundlagen der Thermodynamik						
4	Inhalte I: <ul style="list-style-type: none"> • Realstruktur fester Stoffe und Kristalldefekte • Diffusion im Festkörper • Elastische und Plastische Deformation fester Stoffe • Versetzungen und Verfestigungsmechanismen • Alterung und Ermüdung von Werkstoffen • Versagensmechanismen und -vorhersage • Binäre und Ternäre Phasendiagramme • Phasenübergänge • Eigenschaften metallischer, polymerer und keramischer Materialien • Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von Kompositen • Grundlagen der Tribologie Inhalte II: <ul style="list-style-type: none"> • Atome als kleinste chemische Einheit (Gesetz der multiplen Proportionen) • Der Franck-Hertz Versuch • Der photoelektrische Effekt • Der Aufbau eines Atoms 						

	<ul style="list-style-type: none"> • Energieverteilung im schwarzen Strahler • Wirkung als mechanische Größe • Wirkung des harmonischen Oszillators • Das Planck'sche Wirkungsquantum • Das Bohrsche Atommodell • Welle-Teilchen Dualismus • Die Schrödinger Gleichung • Operatoren • Eigenfunktionen und Eigenwerte • Physikalische Deutung der Wellenamplitude • Dreidimensionale Wellen • Das Teilchen im Kasten • Weitere Beispiele aus der Atom- und Molekülphysik • Wie strahlen Atome und Moleküle • Die Heisenbergsche Unschärferelation 								
5	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen:</p> <p>I: Die Studierenden erwerben in der Vorlesung Kenntnisse über wesentliche und fortgeschrittene Konzepte der Materialwissenschaften auf der Basis physikalischer und chemischer Grundkonzepte. Die Vorlesung ermöglicht Einsteigern aus naturwissenschaftlichen Fächern das Kennenlernen der dort nicht behandelten materialwissenschaftlichen Grundlagen und vertieft bei Studierenden mit Abschluss in Materialwissenschaften die naturwissenschaftlichen Hintergründe.</p> <p>II: Unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung der Quantenmechanik aus der klassischen Mechanik, werden die Studierenden vertraut gemacht mit den Grundlagen der Quantenmechanik. Die Einführung setzt dabei einen Schwerpunkt auf die mathematischen und physikalischen Grundlagen, die für einen Einstieg in die Quantenmechanik erforderlich sind. Darauf aufbauend werden anhand weniger Beispiele aus der Molekülphysik und der Interaktion von elektromagnetischen Wellen mit atomistischen Teilchen erste Anwendungen der Quantenmechanik aufgezeigt. Die Studierenden werden so in die Lage versetzt, jederzeit vertiefende Studien in der Quantenmechanik durchzuführen.</p> <p>In den jeweiligen Übungen wenden die Studierenden die in den Vorlesungen erlernten Inhalte auf einfache Problemstellungen an und präsentieren ihre Lösungen z. B. durch Präsentation an der Tafel. Sie üben sich so in sprachlich und logisch korrekter Argumentation und der Fähigkeit, wissenschaftliche Sachverhalte angemessen darzustellen.</p>								
6	<p>Prüfungsleistung:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ia-IIb</td> <td>Klausur oder Mündliche Prüfung</td> <td>120-180 min. 30-45 min.</td> <td>100 %</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	Ia-IIb	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 min. 30-45 min.	100 %
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
Ia-IIb	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 min. 30-45 min.	100 %						
7	<p>Studienleistung / qualifizierte Teilnahme:</p> <p>keine</p>								
8	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen:</p> <p>keine</p>								

9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Mirko Schaper / N. N. (Dozenten der Physikalischen Chemie)
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: I: W. D. Callister, D. G. Rethwisch; Materials Science and Engineering, Wiley II: P. W. Atkins, Physical Chemistry, Wiley

Atomistic Materials Modeling							
Atomistic Materials Modeling							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
2	180	6	1.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Atomistic Materials Modeling	V	30	60	P	ca. 120
	b	Atomistic Materials Modeling	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Elemente der Quantentheorie von Molekülen und Festkörpern • Grundlagen elektronischer Strukturrechnungen • Dichtefunktionaltheorie • Basissätze und Pseudopotentiale • Berechnung struktureller und vibrationeller Eigenschaften und thermodynamischer Größen von Molekülen und Festkörpern 						
5	Lernergebnisse / Kompetenzen: Befähigung zur selbstständigen atomarskaligen Materialsimulation mit Standardmethoden der Theoretischen Materialphysik: Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die grundlegenden Methoden der atomistischen Materialsimulation und deren Anwendungsbereiche und Limitierungen, sie kennen die relevante Nomenklatur, • sind fähig, geeignete Methoden zur Strukturaufklärung von Molekülen, Festkörper und Nanostrukturen zu identifizieren, • beherrschen gängige Programmpakete der atomistischen Strukturaufklärung wie z.B. Gaussian und Quantum Espresso einschließlich der Bestimmung sinnvoller numerischer Parameter und Basisätze, • besitzen die Fähigkeit, die berechneten Ergebnisse im Vergleich mit Daten aus der Originalliteratur zu diskutieren und auszuwerten. 						
6	Prüfungsleistung:						
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min. 30-45 Min.		100 %			

7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Physik
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Wolf Gero Schmidt / Prof. Dr. Arno Schindlmayr
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: K. Ohno, K. Esfarjani, Y. Kawazoe: <i>Computational Materials Science: From Ab Initio to Monte Carlo Methods</i> , 2. Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg, 2018, DOI:10.1007/978-3-662-56542-1 J. G. Lee: <i>Computational Materials Science: An Introduction</i> , 2. Auflage, CRC Press, Boca Raton, 2016, DOI:10.1201/9781315368429

Nanomaterials							
Nanomaterials							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
3	150	5	1.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Physics and Technology of Nanomaterials	V	30	60	P	ca. 120
	b	Physics and Technology of Nanomaterials	Ü	30	30	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundkenntnisse im Aufbau und Kristallstruktur fester Stoffe, Grundlagen der Thermodynamik, Grundlagen der Quantenmechanik						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische und kristallographische Grundlagen von Nanomaterialien • Herstellung dünner Schichten aus der flüssigen Phase und dem Vakuum, Vakuumphysik • Strukturierung und Modifikation dünner Schichten mittels thermischer, nasschemischer, ionenstrahlgestützter und plasmabasierter Verfahren • Laterale Strukturierung dünner Schichten und Oberflächen mittels konventioneller und fortgeschrittener Lithographieverfahren • Herstellung, Prozessierung und Anwendung 1-, 2- und 3-dimensionaler Nanoobjekte (Nanodrähte und -röhrchen, Graphen und van-der-Waals-Materialien, Nanocluster, Core-Shell-Strukturen) 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Lernergebnisse Kenntnis grundlegender Methoden zur Herstellung moderner Nanomaterialien, deren atomistischer Struktur sowie die daraus resultierenden physikochemischen Eigenschaften und Anwendungen. Verständnis und mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle. Kompetenzen: Fragestellungen zur Thematik der Nanomaterialien analysieren, Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, technologische Konzepte erstellen, Probleme mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen materialphysikalischen Zusammenhang einordnen. Fähigkeit zu konzeptionellem, analytischem und logischem Denken und das Können, das erworbene Wissen in unterschiedlichen Gebieten der Materialphysik einzusetzen und auf neue Materialklassen zu übertragen. Präsentationskompetenz durch Darstellen von Problemlösungen im Rahmen der Übung. Teamfähigkeit durch die Bearbeitung von Problemstellungen in Kleingruppen.						

6	Prüfungsleistung:		
	[x] Modulabschlussprüfung (MAP) [] Modulprüfung (MP) [] Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120 – 180 Min. 30-45 Min.	Gewichtung für die Modulnote 100 %
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Physik		
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Jörg Lindner / Prof. Dr. Dirk Reuter		
13	Sonstige Hinweise: keine		
14	Empfohlene Literatur: B. Bhushan (ed.): Springer Handbook of Nanotechnology Materials Research Society Bulletin, Selected Issues; Cambridge University Press		

Materials Analysis							
Materials Analysis							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
4	150	5	1.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Advanced Analytical Techniques	V	30	60	P	ca. 120
b	Advanced Analytical Techniques	Ü	15	45	P	bis zu 30	
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: Die Vorlesung wird als Ringvorlesung durchgeführt. Inhalte sind mikroskopische, spektroskopische, elektrochemische Methoden für die Charakterisierung von Materialien. Beispiele hierfür sind Rasterelektronenmikroskopie, Röntgenbeugung, Röntgenabsorption, Rutherford'sche Rückstreuungsspektroskopie, Kernresonanzspektroskopie, Massenspektroskopie, Lichtstreuung, Neutronentechniken, kalorimetrische Messmethoden, Infrarot- und Ramanspektroskopie, Ellipsometrie, Elektronenspektroskopie.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden erwerben ein fundiertes Grundwissen und eine Übersicht über die modernen Methoden zur Charakterisierung von Festkörpern, Festkörperoberflächen und Materialgrenzflächen. Die Studierenden kennen die Potentiale und Grenzen der Anwendbarkeit der Methoden.						
6	Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote			
	a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120 Min. 30-45 Min.	100%			
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine						
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.						

10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Guido Grundmeier / Prof. Dr. Jörg Lindner
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: Die Dozenten stellen den Studierenden die relevante Literatur bzw. die Literaturhinweise für die jeweilige Thematik rechtzeitig vor der Vorlesung zur Verfügung.

Laboratory Course on Materials Physics and Analysis

Laboratory Course on Materials Physics and Analysis

Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
5	180	6	2.	SS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)	
	I Materials Physics and Analysis	P	45	105	P	bis zu 7	
	II Scientific Practice and Data Management	S	15	15	P	bis zu 30	
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:						
	I: Die Studierenden wählen drei Experimente aus einer Liste von Versuchen aus, die im Internet aktuell dargestellt wird. Die Versuche entspringen den wissenschaftlichen Arbeitsfeldern der am Studiengang beteiligten Arbeitsgruppen.						
3	Teilnahmevoraussetzungen:						
	keine						
4	Inhalte:						
	I: Es werden grundlegende analytische Methoden der Materialwissenschaften vermittelt und auf aktuelle Fragestellungen angewandt. Beispiele hierfür sind:						
	<ul style="list-style-type: none"> • Texturanalytik und Spannungs-Dehnungsmessung im Rasterelektronenmikroskop • Röntgenbeugung an Pulvern bzw. Dünnschichten • Oberflächenbenetzung und Grenzflächenenergien • Computergestützte Bestimmung von Elektronendichten • Ellipsometrie an dünnen Schichten 						
	II: Wissenschaftstheorie und wissenschaftliche Methode (Hypothese, Falsifikation, Naturgesetze, Empirik); Statistik von Forschungsdaten (Wiederholbarkeit, Reproduzierbarkeit, Signifikanz, Präzision und Genauigkeit); Umgang mit Forschungsdaten (Datenspeicherung, Big Data, Vorschriften, Archivierung); Berufsethik in den Materialwissenschaften (Zitieren, Autorenschaft, Copyright, Open Science und Data, wissenschaftliches Fehlverhalten, Vertraulichkeit und Neutralität); Umgang mit Literatur; kritische Bewertung wissenschaftlicher Texte (Definition objektiver Regeln für die kritische Bewertung des wissenschaftlichen Schreibens, praktische Beispiele usw.)						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen:						
	I: Kenntnis der Grundlagen und Anwendung ausgewählter Methoden zur Charakterisierung fortgeschrittener Funktions- und Strukturmaterialien. Anwendung moderner Datenakquisitionsmethoden und Computertechniken.						
	Die Studierenden erlernen und vertiefen die Fähigkeit, strukturierte Experimente zur Charakterisierung eines Materials hinsichtlich makroskopischer Eigenschaften zu planen und in einer realen Laborumgebung systematisch umzusetzen, die Ergebnisse auszuwerten und zu dokumentieren. Durch den kritischen Umgang mit den gewonnenen eigenen Messdaten und den Vergleich mit bekannten und publizierten Messergebnissen erwerben die Studierenden die Kompetenz, Messergebnisse anderer hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Aussagekraft						

	<p>einzuordnen. Durch das Protokollieren der Ergebnisse erwerben die Studierenden schriftliche Präsentationskompetenz in Vorbereitung auf das spätere Anfertigen wissenschaftlicher Abhandlungen. Ferner verbessern die Studierenden ihre Teamfähigkeit durch die Bearbeitung von Problemstellungen in Kleingruppen.</p> <p>II: Anhand von konkreten Daten und Beispielen aus den im Materials Science Master behandelten Forschungsbereichen lernen die Studierenden, wie man mit wissenschaftlichen Daten arbeitet und wie man wissenschaftliche Ergebnisse gemäß den Richtlinien für gutes wissenschaftliches Verhalten richtig sammelt und kommuniziert. Die hier erlernten Fähigkeiten sollen zur Entwicklung eines kritischen Denkens und eines tiefen Verständnisses führen, was die Anwendung der wissenschaftlichen Methode impliziert.</p>												
6	<p>Prüfungsleistung: <input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Gesamtheit der Versuche</td> <td>3</td> <td>83%</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>Klausur oder Seminarbericht</td> <td>ca. 90 Min. 2-3 Seiten</td> <td>17%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	I	Gesamtheit der Versuche	3	83%	II	Klausur oder Seminarbericht	ca. 90 Min. 2-3 Seiten	17%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote										
I	Gesamtheit der Versuche	3	83%										
II	Klausur oder Seminarbericht	ca. 90 Min. 2-3 Seiten	17%										
7	<p>Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine</p>												
8	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: I: Die Anwesenheit an den Versuchstagen ist jeweils verpflichtend.</p>												
9	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.</p>												
10	<p>Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).</p>												
11	<p>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine</p>												
12	<p>Modulbeauftragte: Prof. Dr. Jörg Lindner / Prof. Dr. Guido Grundmeier / PD Dr. Teresa de los Arcos</p>												
13	<p>Sonstige Hinweise: keine</p>												
14	<p>Empfohlene Literatur: Zu I) Die genaue Literatur für jeden Kurs wird direkt von den jeweiligen Tutoren bekannt gegeben. Beispielhafte Literatur zu relevanten Themen ist die folgende: XRD: Harrington, Santiso - Back-to-Basics tutorial - X-ray diffraction of thin films- Journal of Electroceramics 47, 141-163 (2021) Ellipsometry: HG Tompkins and WA McGahan. Spectroscopic ellipsometry and reflectometry. John Wiley and Sons (1999) Supercapacitors:</p>												

Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications, B.E. Conway, 1999. ISBN: 978-1-4757-3058-6.

Advances in Supercapacitor and Supercapattery: Innovations in Energy Storage Devices, M. Khalid, ISBN: 9780128198971

Zu II)

Wiltsche, „Einführung in die Wissenschaftstheorie“, UTB Verlag, 2021;

DFG Kodex „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“;

Kovac, „The ethical chemist: Professionalism and ethics in science“, Oxford University Press, 2018;

Hepburn & Andersen, „Scientific method“, 2015;

Meier & Zünd, „Statistical methods in analytical chemistry“. John Wiley & Sons, 2005.

Laboratory Course on Materials Chemistry and Analysis

Laboratory Course on Materials Chemistry and Analysis

Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
6	150	5	3.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)	
	Materials Chemistry and Analysis	P	45	105	P	bis zu 7	
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:						
	Die Studierenden wählen drei Experimente aus einer Liste von Versuchen aus, die im Internet aktuell dargestellt wird. Die Versuche entspringen den wissenschaftlichen Arbeitsfeldern der am Studiengang beteiligten Arbeitsgruppen.						
3	Teilnahmevoraussetzungen:						
	keine						
4	Inhalte:						
	Es werden grundlegende Methoden der präparativen Materialchemie und der materialchemischen Analytik vermittelt und auf aktuelle Fragestellungen angewandt. Beispiele hierfür sind:						
	<ul style="list-style-type: none"> • Spektroskopie von Materialoberflächen und-grenzflächen • Rasterkraftmikroskopie-basierte Methoden • Molekulare Adsorption an Oberflächen poröser Festkörper • Synthese von Nanopartikeln • Sol-Gel-Verfahren • Synthese und Analytik polymerer Hybridmaterialien • Additive Fertigung polymerer Materialien • Festkörper NMR 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen:						
	<p>Kenntnis der Grundlagen und Anwendung ausgewählter Methoden zur Charakterisierung fortgeschrittener Funktions- und Strukturmaterialien. Anwendung moderner Datenakquisitionsmethoden und Computertechniken.</p> <p>Die Studierenden erlernen und vertiefen die Fähigkeit, strukturierte Experimente zur Synthese und Charakterisierung eines Materials mit dem Schwerpunkt im Bereich der Materialchemie zu planen und in einer realen Laborumgebung systematisch umzusetzen, die Ergebnisse auszuwerten und zu dokumentieren. Durch den kritischen Umgang mit den gewonnenen eigenen Messdaten und den Vergleich mit bekannten und publizierten Messergebnissen erwerben die Studierenden die Kompetenz, Messergebnisse anderer hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Aussagekraft einzuordnen. Durch das Protokollieren der Ergebnisse erwerben die Studierenden schriftliche Präsentationskompetenz in Vorbereitung auf das spätere Anfertigen wissenschaftlicher Abhandlungen. Ferner verbessern die Studierenden ihre Teamfähigkeit durch die Bearbeitung von Problemstellungen in Kleingruppen.</p>						

6	Prüfungsleistung:		
	[] Modulabschlussprüfung (MAP) [x] Modulprüfung (MP) [] Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	Gesamtheit der Versuche	3	Gewichtung für die Modulnote 100%
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Die Anwesenheit an den Versuchstagen ist jeweils verpflichtend.		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Guido Grundmeier / Prof. Dr. Jörg Lindner / PD Dr. Teresa de los Arcos		
13	Sonstige Hinweise: keine		
14	Empfohlene Literatur: Die genaue Literatur für jeden Versuch wird direkt von den jeweiligen Tutoren bekannt gegeben. Beispielhafte Literatur zu relevanten Themen ist die folgende: AFM: Greg Haugstad. "Atomic Force Microscopy: Understanding Basic Modes and Advanced Applications". 2012 John Wiley & Sons, Inc FTIR: W. Suetaka. "Surface Infrared and Raman Spectroscopy". 2014 Springer Grundlagen der NMR: James Keeler, Understanding NMR Spectroscopy, Wiley 2004. Anwendung der Festkörper-NMR: T. Polenova et al., Magic Angle Spinning NMR Spectroscopy: A Versatile Technique for Structural and Dynamic Analysis of Solid-Phase Systems, Anal. Chem. 2015, 87, 5458. Polymere & Nanopartikel: J. P. Rao, K. E. Geckeler, Progr. Polym. Sci. 2011, 36, 887-913 C. S. Chern, Progr. Polym. Sci. 2006, 31, 443-486 S. C. Thickett, R. G. Gilbert, Polymer 2007, 48, 6965-6991 D. Kuckling, A. Doering, F. Krahl, and K.-F. Arndt: Stimuli-Responsive Polymer Systems. In: K. Matyjaszewski and M. Möller (eds.) Polymer Science: A Comprehensive Reference 2012, 8, 377-413. Amsterdam: Elsevier BV. Q.-S. Zhang, L.-S. Zha, J.-H. Ma, B.-R. Liang, J. Appl. Polym. Sci. 2007, 103, 2962-2967 Batterien:		

Beard, Kirby W. Linden's handbook of batteries. McGraw-Hill Education, 2019.

Winter, Martin, and Ralph J. Brodd. "What are batteries, fuel cells, and supercapacitors?." Chemical reviews 104.10 (2004): 4245-4270.

Andere:

Lazarides et al Making Hydrogen from Water Using a Homogeneous System Without Noble Metals. J. AM. CHEM. SOC. 2009, 131, 9192–9194 10.1021/ja903044n

Sustainable Materials and Processes							
Sustainable Materials and Processes							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
7	180	6	3.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	I	Synthesis of Sustainable Materials and Green Processes	V	30	45	P	ca. 120
	IIa	Applied Electrochemistry	V	30	45	P	ca. 120
	IIb	Applied Electrochemistry	Ü	15	15	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine II: Empfohlen werden grundlegende Kenntnisse in elektrochemischer Thermodynamik und Kinetik						
4	Inhalte: I: Ringvorlesung: Konzepte und Beispiele nachhaltiger Syntheserouten von Materialien und Beschichtungen: Legierungsherstellung, Polymersynthese, Komposite, Sol-Gel Chemie, Abscheidung dünner Schichten (z.B. Elektrodeposition, CVD, PVD und PECVD-Prozesse), Vakuumprozesstechnik, nachwachsende Rohstoffe, Grundkonzepte von „Green Chemistry“ und „Life Cycle Assessment“, Nachhaltige Verarbeitung von Materialien. II: Elektronentransferprozesse, Halbleiterelektrochemie, fortgeschrittene elektrochemische Analytik, Grundlagen der Elektrokatalyse und elektrochemischen Synthese, elektrochemische Oberflächentechnologien und Nanotechnologien, wässrige Korrosion, elektrochemische Wasserreinigung und Rückgewinnung von Metallen.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: I: Die Studierenden verfügen über breite Kenntnisse auf dem Gebiet der Synthese und Prozessierung nachhaltiger Materialien. Sie haben ein fortgeschrittenes Verständnis im Bereich der Einschätzung von Nachhaltigkeitskonzepten der Werkstoffentwicklung. II: Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet komplexer elektrochemischer Prozesse an Festkörpergrenzflächen. Sie haben ein fortgeschrittenes Verständnis der integralen und lokalen elektrochemischen Analytik an Grenzflächen sowie der Anwendung nachhaltiger elektrochemischer Prozesse in der Materialsynthese, Nanotechnologie, Oberflächentechnologie und Rückgewinnung von Stoffen.						
6	Prüfungsleistung: [x] Modulabschlussprüfung (MAP) [] Modulprüfung (MP) [] Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		

	Ia bis IIb	Klausur oder mündliche Prüfung	120 Min. 30-45 Min.	100%
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung oder die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine			
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Guido Grundmeier / Jun.-Prof. Dr. Hans-Georg Steinrück			
13	Sonstige Hinweise: keine			
14	Empfohlene Literatur: I: Aktuelle Übersichtsartikel zu den wechselnden Themen werden durch die Lehrenden vor der jeweiligen Vorlesung angegeben. II: C. H. Hamann, W. Vielstich: <i>Elektrochemie</i> , Wiley-VCH; W. Schmickler, E. Santos: <i>Interfacial Electrochemistry</i> , Springer K. Oldham, J. Myland, A. Bond: <i>Electrochemical Science and Technology: Fundamentals and Applications</i> , Wiley.			

Project based Course							
Project based Course							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
8	240	8	3.	WS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	I	Current Topics of Materials Science	S	30	60	P	ca. 120
	II	Project based Course	P	75	75	P	bis zu 8
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: Mitarbeit an aktuellen Forschungsprojekten der beteiligten Fachgebiete. Die beteiligten Professoren übernehmen sowohl die Themenstellung als auch die Betreuung. Die Studierenden sollen wissenschaftliches Arbeiten üben, indem sie sich eigenständig durch Literaturrecherche in die Thematik einer eng umgrenzten Fragestellung einarbeiten und sich mit den notwendigen experimentellen Methoden weitgehend selbstständig vertraut machen.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: I: Die Studierenden stellen ein aktuelles Forschungsthema in einer mündlichen Präsentation dar. Diese soll den Forschungsstand sowie einen möglichen Ansatz zur Lösung der Fragestellung beinhalten. Sie erwerben dabei die Kompetenz, ein fachübergreifendes Publikum für eine Fragestellung zu interessieren. II: Die Studierenden bearbeiten eine kleine Projektaufgabe mit wissenschaftlichen Methoden. Sie erwerben die Fähigkeit zu interdisziplinärer Arbeit durch eine Mitarbeit in einem fachübergreifenden Projekt. Durch das Anfertigen eines Berichtes erwerben die Studierenden die Fähigkeit, Messdaten und Versuchsergebnisse kritisch zu analysieren und wissenschaftliche Sachverhalte schriftlich darzustellen. Durch die Arbeit in Kleingruppen lernen sie, im Team zu arbeiten.						
6	Prüfungsleistung: <input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	I	Vortrag	30-45 min		37,5 %		
	II	Projektbericht	Maximal 50 Seiten Länge		62,5 %		
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen:						

	keine
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen bestanden sind.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Guido Grundmeier / Prof. Dr. Jörg Lindner
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: Individuelle Empfehlungen entsprechend des gewählten Themengebietes (hauptsächlich Artikel aus peer reviewed Journalen).

Master Thesis							
Master Thesis							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
9	900	30	4.	SS	1	en	P
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	I	Masterarbeit	P	300	420	P	1
	II	Mündliche Verteidigung	S	30	150	P	1
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Abschluss aller Module mit Ausnahme von bis zu 12 fehlenden Leistungspunkten, soweit sich diese nicht auf Praktika beziehen.						
4	Inhalte: Das Thema kann in der Regel frei aus den von den beteiligten Fachgebieten angebotenen Projekten ausgewählt werden.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Durch die Anfertigung der Masterarbeit weisen die Studierenden nach, dass sie in der Lage sind, unter Anleitung eine begrenzte Problemstellung aus einem Gebiet der Chemie wissenschaftlich zu bearbeiten und dies schriftlich zusammenzufassen. Sie erweitern ihre Methodenkompetenz durch praktisches Arbeiten und selbstständige Literaturrecherchen. Durch den Umgang mit englischsprachiger Fachliteratur erweitern sie ihre Fremdsprachenkompetenzen. Durch die Bearbeitung eines eigenen Projektes entwickeln sie Selbstständigkeit, Planungsfähigkeit und Kreativität. Ihre Teamfähigkeit wird durch Einbindung in eine Arbeitsgruppe gefördert.						
6	Prüfungsleistung: <input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	I	Masterarbeit	50-100 Seiten		80%		
	II	Mündliche Verteidigung	30-45 Min.		20%		
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine						
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Masterarbeit und die mündliche Verteidigung bestanden sind.						

10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Guido Grundmeier / Prof. Dr. Jörg Lindner
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: Individuelle Empfehlungen entsprechend des gewählten Themengebietes.

Advanced Electron Microscopy							
Advanced Electron Microscopy							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
10	180	6	1. o. 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Microscopy and spectroscopy with electrons	V	30	60	P	ca. 120
	b	Microscopy and spectroscopy with electrons	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden gute Kenntnisse der Realstruktur kristalliner Festkörper und der Quantenmechanik						
4	<p>Inhalte:</p> <p>Im Rahmen der Vorlesung werden die Grundlagen der Transmissionselektronenmikroskopie in voller Breite vermittelt und ihre Anwendung zur Charakterisierung von Materialien auf der Nano- und Subnanometerskala erläutert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronenoptische Komponenten und Strahlengänge in (Raster-)Transmissionselektronenmikroskopen (S)TEM • Elektronenmikroskopische Präparationsverfahren • Abbildungsverfahren und Kontrastarten • Elektronenbeugung • Elektron-Festkörper-Wechselwirkung • Kinematische und Dynamische Theorie der Elektronenbeugung • Konventionelle Elektronenmikroskopie und Gitterdefekte • Kontrastübertragung und Hocho Auflösung • Energiedispersive Röntgenspektroskopie EDX • Elektronenenergieverlustspektroskopie EELS in TEM und STEM • Spektroskopie von Inter- und Intradbandübergängen sowie Plasmonen • Energiegefilterte Transmissionselektronenmikroskopie EFTEM 						
5	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen:</p> <p>a: Beherrschung der grundlegenden Konzepte der konventionellen, hochauflösenden und analytischen Transmissionselektronenmikroskopie, von den Grundlagen der Elektron-Festkörper-Wechselwirkung und Elektronenbeugung über die dadurch möglichen Kontrastmechanismen bis zu ihrer Anwendung zur Charakterisierung der Realstruktur, der chemischen Zusammensetzung und der elektronischen Anregungen von Festkörpern.</p>						

	<p>b: Vertiefung des Vorlesungsstoffs anhand ausgewählter, relevanter Themenstellungen sowie praktischer Übungen und Einordnung in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang.</p> <p>Spezifische Schlüsselkompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit zu konzeptionellem, analytischem und logischem Denken und das Können, das erworbene Wissen auf unterschiedlichen Gebieten der Materialwissenschaften einzusetzen • Präsentationskompetenz durch Darstellen von Problemlösungen im Rahmen der Übung • Teamfähigkeit durch die Bearbeitung von Problemstellungen in Kleingruppen 								
6	<p>Prüfungsleistung:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a) und b)</td> <td>Klausur oder Mündliche Prüfung</td> <td>90 Min. oder 30-45 Min.</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	90 Min. oder 30-45 Min.	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	90 Min. oder 30-45 Min.	100%						
7	<p>Studienleistung / qualifizierte Teilnahme:</p> <p>keine</p>								
8	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen:</p> <p>keine</p>								
9	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte:</p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.</p>								
10	<p>Gewichtung für Gesamtnote:</p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).</p>								
11	<p>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen:</p> <p>M.Sc. Physik</p>								
12	<p>Modulbeauftragte/r:</p> <p>Prof. Dr. Jörg Lindner</p>								
13	<p>Sonstige Hinweise:</p> <p>keine</p>								
14	<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>D. B. Williams, C. B. Carter, <i>Transmission Electron Microscopy</i>, A Textbook for Materials Science. Springer Verlag</p>								

Ion Beam Analysis of Materials							
Ion Beam Analysis of Materials							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
11	180	6	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Ion Beam Analysis of Materials	V	15	30	P	ca. 120
	b	Ion Beam Analysis of Materials	P	30	60	P	bis zu 8
c	Ion Beam Analysis of Materials	S	15	30	P	bis zu 30	
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	<p>Inhalte:</p> <p>a: Im Rahmen der Vorlesung werden die Grundlagen der Ionen-Festkörper-Wechselwirkung sowie ihrer Anwendung für die Materialanalyse und -modifikation erläutert, insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ionenquellen, Ionenoptik, Beschleunigerprinzipien • Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit biologischen Organismen und Strahlenschutz • Festkörper-Dünnschichtanalyse mittels Rutherford-Rückstreuungsspektroskopie (RBS) • Spurenelementanalyse mittels Kernreaktionsanalyse (NRA) • Elementnachweis mittels teilcheninduzierter Röntgenstrahlung (PIXE) • Ionen-Festkörperwechselwirkung, Ionenreichweiten, Defektbildung • Dotierung von Halbleitern mittels Ionenimplantation • Anwendung von Teilchenbeschleunigern in der Astro-, Geo-, Kern- und Medizinphysik • Nanostrukturierung mit Ionenstrahlen <p>b: Herstellung und Untersuchung von Proben mit Hilfe der am RUBION vorhandenen Teilchenbeschleuniger im Rahmen von Projekten zum Vorlesungsstoff.</p> <p>c: Präsentation der experimentellen Ergebnisse und ihrer theoretischen Hintergründe</p>						
5	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen:</p> <p>Die in Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum am RUBION Beschleunigerlabor durchgeführte Blockveranstaltung führt in die Grundlagen der nuklearen Festkörperphysik und Anwendungen der Beschleunigerphysik ein.</p> <p>a: Beherrschung der grundlegenden Konzepte des Spezialgebietes.</p> <p>b: Hinführung zum selbstständigen Handeln, Experimentieren, sowie dem Erkennen und Extrahieren wesentlicher Zusammenhänge aus eigenen experimentellen Erfahrungen. Die Studierenden lernen den Strahlzeitbetrieb an einer Großforschungseinrichtung kennen.</p>						

	c: Die Studierenden sammeln Erfahrung in der webbasierten Zusammenarbeit in interuniversitären Teams, indem jedes Team eine schriftliche Auswertung und Dokumentation sowie eine Abschlusspräsentation über ein Teilprojekt ausarbeitet und vorstellt.		
6	Prüfungsleistung:		
	[] Modulabschlussprüfung (MAP) [] Modulprüfung (MP) [x] Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	b)	Projektbericht	ca. 30 Seiten
	c)	Vortrag	ca. 30 Min.
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen bestanden sind.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Physik		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Jörg Lindner		
13	Sonstige Hinweise: keine		
14	Empfohlene Literatur: M. Nastasi, J. W. Mayer, Y. Wang <i>Ion Beam Analysis: Fundamentals and Applications</i> , CRC Press		

Time resolved Spectroscopy							
Time resolved Spectroscopy							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
12	150	5	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	I	Time resolved Spectroscopy	V	30	60	P	ca. 120
II	Applications on Synchrotron Techniques in Time resolved Spectroscopy	S	30	30	P	bis zu 30	
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundkenntnisse der Quantenmechanik und Spektroskopie						
4	Inhalte: I: Theoretische Grundlagen verschiedener spektroskopischer Methoden, die eine hohe Zeitauflösung bei der Untersuchung von Materialien und Prozessen an Grenzflächen erlauben. Ausgewählte Anwendungen im Bereich Materialchemie und Prozesstechnik. II: Verschiedene Röntgenstreuungsmethoden und Röntgenspektroskopiemethoden. Ein- bis zweitägige Exkursion zum Synchrotron PETRA III in Hamburg.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: I: Die Studierenden besitzen Kenntnisse über die theoretischen Grundlagen und Anwendungen von Untersuchungsmethoden dynamischer Prozesse in Materialien oder chemischen Verbindungen sowie an Materialgrenzflächen auf Basis spektroskopischer Methoden. II: Die Studierenden haben Kenntnisse über die Funktionsweise eines Synchrotrons und Synchrotronröntgenmethoden. Sie können sie auf materialwissenschaftliche Fragestellungen anwenden und beurteilen, welche Probleme sich für bestimmte Messmethoden eignen.						
6	Prüfungsleistung: [x] Modulabschlussprüfung (MAP) [] Modulprüfung (MP) [] Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	I) und II)	Klausur oder mündliche Prüfung	120 Min. oder 30-45 Min.		100%		
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						

8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: N. N. (Dozenten der Physikalischen Chemie), Jun.-Prof. Dr. Hans-Georg Steinrück
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: I: T. Weinacht, Brett J. Pearson, Time-Resolved Spectroscopy: An Experimental Perspective, CRC press 2019 Aktuelle Übersichtsartikel zu dieser Thematik werden durch die Lehrenden vor der jeweiligen Vorlesung angegeben. II: D. McMorrow, J. Als-Nielsen, <i>Elements of modern X-ray physics</i> . John Wiley & Sons 2011 P. Willmott, <i>An introduction to synchrotron radiation: techniques and applications</i> . John Wiley & Sons 2019 W. H. De Jeu, <i>Basic X-ray scattering for soft matter</i> , Oxford University Press 2016 B. K. Agarwal, <i>X-ray spectroscopy: an introduction</i> , Vol. 15. Springer 2013 G. Bunker, <i>Introduction to XAFS: A practical guide to X-ray absorption fine structure spectroscopy</i> , Cambridge University Press 2010 F. de Groot, A. Kotani, <i>Core level spectroscopy of solids</i> , CRC Press, Taylor & Francis Group 2008

Surface and Interface Analysis							
Surface and Interface Analysis							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
13	150	5	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Surface and Interface Spectroscopic Analysis	V	30	60	P	ca. 120
b	Surface and Interface Spectroscopic Analysis	Ü	15	45	P	bis zu 30	
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
	Inhalte: Optische Spektroskopie von Materialgrenzflächen und dünnen Schichten (Anwendung von FTIR- und Raman-Spektroskopie sowie Ellipsometrie), Elektronen- und Ionenspektroskopie von Grenzflächen und dünnen Schichten (Anwendung von Auger-Spektroskopie, Röntgen sowie UV Photoelektronenspektroskopie, Ionenstreuung); fortgeschrittene Anwendung der spektroskopischen Methoden (kombinierte Analysemethoden, oberflächensensitive Röntgenstreu- und Röntgenspektroskopie-Methoden, Rasterkraft- und Rastertunnelmikroskopie, in-situ Spektroskopie an Grenzflächen, Spektroskopische Mikroskopie, Spektroelektrochemie)						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden erwerben Kenntnisse in den meistgebrauchten spektroskopischen Methoden für die Charakterisierung von Oberflächen und Grenzflächen in der Materialforschung. Im Detail sind dies: <ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der geeigneten Methode zur Charakterisierung von unterschiedlichen Materialien • Kritische Bewertung der Messergebnisse • Entwicklung von Messstrategien entsprechend den Anforderungen der zu untersuchenden Materialien • Anwendung solcher spektroskopischer Methoden für die in-situ Analyse von Grenzflächenprozessen 						
6	Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120 Min. 30 Min.		100 %		

7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: Jun.-Prof. Dr. Hans-Georg Steinrück / Dr. Teresa de los Arcos
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: J. M. Hollas, Modern Spectroscopy, John Wiley & Sons 2004. G. Ertl and J. Küppers, Low Energy Electrons and Surface Chemistry, VCH 1985 D. Briggs and M. P. Seah, Practical Surface Analysis I and II, John Wiley & Sons 1990 W. Suetaka, Surface Infrared and Raman spectroscopy –methods and applications, Plenum Press 1995 J. Als Nielsen and D. McMorrow, Elements of modern X ray physics, John Wiley & Sons, New York, USA 2011 B. D. Cullity, S. R. Stock, Elements of X ray Diffraction, Pearson, Harlow 2014 D. S. Sivia, Elementary scattering theory: For X ray and neutron users, Oxford University Press, New York, USA 2011 Keith, Foster, Spectroelectrochemistry, in Handbook of Electrochemical Energy Fauster, Thomas, et al. "Oberflächenphysik." Oberflächenphysik, De Gruyter Oldenbourg 2019

Atomistic Dynamics and Artificial Intelligence in Materials Science

Atomistic Dynamics of Materials & Artificial Intelligence in Materials Science

Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
14	180	6	1. oder 3.	WS	1	en	WP

1	Modulstruktur:						
	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)	
	Ia	Atomistic Dynamics of Materials	V	30	60	P	ca. 120
	Ib	Atomistic Dynamics of Materials	Ü	15	30	P	bis zu 30
	II	Artificial Intelligence in Materials Science	V	15	30	P	ca. 120

2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine
----------	---

3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundkenntnisse in Quantenmechanik
----------	--

4	<p>Inhalte:</p> <p>I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einige Grundbegriffe der klassischen Mechanik: Bewegungsgleichungen; Hamilton-Funktion für Vielteilchensysteme. • Grundbegriffe der Statistischen Mechanik: Statistik im Phasenraum; Verteilungsfunktionen; Liouvillescher Satz; Virtuelle Gesamtheiten nach Gibbs; Mess-, Zeit- und Ensemblemittel; Thermodynamische Größen aus der Zustandssumme; Thermodynamische Größen aus der radialen Verteilungsfunktion; Transportgrößen aus Korrelationsfunktionen. • Intra- und intermolekulare Wechselwirkungspotentiale: Klassische zwischenmolekulare Wechselwirkung; ab initio Potentiale; das Potential äußerer Felder. • Molekulardynamik (MD): Ziele, Aufgaben, Methoden. • Klassische Monte-Carlo Simulationen <p>II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervised, Unsupervised und Reinforcement maschinelles Lernen • Klassifizierung und Regression • Neuronale Netze
----------	---

5	<p>Lernergebnisse / Kompetenzen:</p> <p>I: Ziel dieses Kurses ist es, zu veranschaulichen, wie makroskopische Eigenschaften eines Materials aus den Eigenschaften der Atome und Moleküle, und ihrer Struktur berechnet werden können.</p> <p>Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Computersimulation, insb. die Molekulardynamik und Monte-Carlo Methoden. Dies ermöglicht die Behandlung von Vielteilchensystemen durch die Berechnung statistischer Größen wie Zustandssummen, Paarverteilungs- und Korrelationsfunktionen.</p> <p>II: Den Studierenden werden moderne Methoden des maschinellen Lernens und neuronale Netze und deren Anwendung innerhalb der Materialwissenschaften vorgestellt.</p>
----------	---

6	Prüfungsleistung:			
	<input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)		<input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)	
			<input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)	
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
la und lb	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 Min. oder 30-45 Min.	66,5%	
II	Klausur oder mündliche Prüfung	60-90 Min. oder 30-45 Min.	33,5%	
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme:			
	keine			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen:			
	keine			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte:			
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen bestanden sind.			
10	Gewichtung für Gesamtnote:			
	Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen:			
	keine			
12	Modulbeauftragte/r:			
	Dr. Hossam Elgabarty			
13	Sonstige Hinweise:			
	keine			
14	Empfohlene Literatur:			
	M. Tuckerman, Statistical Mechanics: Theory and Molecular Simulation, Oxford University Press.			
	M. P. Allen, D. J. Tildesley, Computer Simulation of Liquids, Oxford University Press.			
	D. Marx and J. Hutter, Ab Initio Molecular Dynamics, Cambridge University Press.			

Computational Spectroscopy							
Computational Spectroscopy							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
15	180	6	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Computational Spectroscopy	V	30	60	P	ca. 120
	b	Computational Spectroscopy	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> Allgemeine Grundlagen zur Berechnung der Reaktion von mikroskopischen Systemen auf äußere Störungen: zeitunabhängige Störungstheorie 2. Ordnung („<i>double perturbation theory</i>“), zeitabhängige Störungstheorie, Fermis Goldene Regel, lineare Antwortfunktion, Prinzip der adiabatisch geometrischen Phase, Berry-Phasen Formulierung und Berechnung im Umfeld der Dichtefunktionaltheorie: zeitabhängige Dichtefunktionaltheorie, „<i>constrained</i>“ Dichtefunktionaltheorie, wellenfunktionsbasierte Methoden Lineare und nichtlineare optische Spektroskopie, Core-Level-Spektroskopie, Röntgenabsorption, magnetische Resonanz, Infrarot- und Raman-Spektroskopie Konkrete Anwendung auf Beispielsysteme, sowohl endliche Strukturen (Moleküle) als auch periodische Systeme in 3D (Festkörper) und 2D (Oberflächen, Schicht- und Heterostrukturen) 						
5	Lernergebnisse / Kompetenzen: Die Studierenden sollen befähigt werden, grundlegende Konzepte einer computergestützten Berechnung (Simulation) spektroskopischer Materialeigenschaften zu verstehen sowie deren Methoden zur numerischen Vorhersage einsetzen und mit experimentellen Messergebnissen vergleichen zu können. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> können materialwissenschaftliche Fragestellungen mit Bezug zur Spektroskopie erkennen und analysieren, sind sich bewusst, dass moderne spektroskopische Experimente oftmals nur mit Hilfe theoretischer Vergleichswerte vollständig ausgewertet werden können, kennen die grundlegenden quantenmechanischen Strategien und technischen Konzepte, die für die atomistische Beschreibung von Materialien und die Vorhersage ihrer spektroskopischen Eigenschaften im Computer notwendig sind, können für gegebene atomistische Strukturen (unter Abwägung von Rechenaufwand und Genauigkeit) eine adäquate Stufe der Näherung auswählen und diese auf ausgewählte Fragestellungen anwenden, sind in der Lage, die gewonnenen theoretischen Ergebnisse im Kontext experimenteller Daten zu diskutieren und Querverbindungen zu aktuellen materialwissenschaftlichen Forschungsfragen herzustellen. 						

6	Prüfungsleistung:		
	[x] Modulabschlussprüfung (MAP) [] Modulprüfung (MP) [] Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min. 30-45 Min.	Gewichtung für die Modulnote 100%
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Physik		
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Uwe Gerstmann / Prof. Dr. Arno Schindlmayr		
13	Sonstige Hinweise: keine		
14	Empfohlene Literatur: J. Grunenberg, <i>Computational Spectroscopy: Methods, Experiments and Applications</i> , Wiley-VCH P. Jensen, P. R. Bunker: <i>Computational Molecular Spectroscopy</i> , Wiley-VCH S. Wilson, G. H. F. Dierksen, <i>Methods in Computational Molecular Physics</i> , Springer M. Kaupp, M. Bühl, V. G. Malkin, <i>Calculation of NMR and EPR parameters</i> , Wiley-VCH L. Valkunas, D. Abramavicius, Thomás Mancal, <i>Molecular Excitation Dynamics and Relaxation, Quantum Theory and Spectroscopy</i> , Wiley-VCH		

Simulation of Materials at the Meso- and Macroscale							
Finite Elemente Modeling							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
16	180	6	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	FEM in Materials Science	V	30	90	P	ca. 120
	b	FEM in Materials Science	Ü	15	45	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Modellgleichungen der Elastoplastizität, Viskoelastizität und Viskoplastizität • Ein- und mehrdimensionale Formulierung der konstitutiven Gleichungen • Anwendungen der FEM in Pre- und Post-Processing mit Abaqus CAE • Implementierung in MATLAB: Eindimensionale Elastoplastizität mit linearer und nichtlinearer isotroper Verfestigung 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: <p>Die Studierenden können Berechnungsmethoden der numerischen Mechanik erläutern und können verschiedene maschinenbauliche Aufgabenstellungen mit der Finite-Element-Methode (FEM) bearbeiten. Sie sind darüber hinaus in der Lage, die wichtigsten Materialmodelle zur Bewertung von Bauteilen mit kleinen Deformationen zu benennen und zielgerichtet anzuwenden.</p> <p>Die Studierenden können für konkrete Berechnungsbeispiele der Werkstoffmechanik die relevanten Zusammenhänge erläutern. Sie sind darüber hinaus in der Lage, Umformprozesse und Materialverhalten mittels der computergestützten Simulation zu behandeln. Die Studierenden können zudem numerische Methoden für eindimensionale Problemstellungen der Werkstoffmechanik selbstständig implementieren.</p>						
6	Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	90-120 Min. 20-30 Min.		100 %		
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen:						

	keine
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Maschinenbau, M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen (Maschinenbau)
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Rolf Mahnken
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: J. C. Simo, T. J. R. Hughes, <i>Computational Inelasticity</i> , Springer New York 1998 N. Ottosen, M. Ristinmaa, <i>The Mechanics of Constitutive Modeling</i> , Elsevier 2005

Spintronics							
Spintronics							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
17	180	6	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Spintronics	V	30	60	P	ca. 120
	b	Spintronics	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Grundlagen der quantenmechanischen Beschreibung des Spins: Dirac-Gleichung, Spin-Pauli-Matrizen, Dichtematrix, Bloch-Sphäre • Spindynamik und Rabi-Formel, Spinrelaxation und Dephasierung • Spektroskopie von Spins: NMR, EPR, ENDOR, EDMR, STM-EPR • Schreiben und Auslesen von Qubits (Spininjektion und Spektroskopie) • Passive Bauelemente in der Magneto-Elektronik: GMR, TMR, MRAM • Aktive Bauelemente: Spin-Feldeffekt-Transistor • Grundlagen der spinbasierten Quanteninformation 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden sollen befähigt werden, grundlegende Konzepte der Spinphysik, insbesondere der Spindynamik, zu verstehen sowie vor dem Hintergrund des Zusammenwirkens von Experiment und Theorie zur Beschreibung spinbasierter Bauelemente einzusetzen. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • beherrschen die quantenmechanischen Grundlagen der Spin-Physik, insbesondere der Spin-Dynamik, • sind sich der konzeptionellen Unterschiede bewusst, die bei der Beschreibung quantenmechanischer Ensembles und Einzelspins auftreten, • haben genaue Kenntnisse von auf Spin-Wechselwirkungen basierenden Messmethoden und ihrer multidisziplinären Anwendung in Biologie, Chemie, Physik und Medizin sowie ihrer Nutzung zum Readout spinbasierter Quanten-Bits („Qubits“), • können Fragestellungen zur allgemeinen Thematik einer spinbasierten Elektronik analysieren und die erarbeiteten mathematischen Modelle auf konkrete Bauelemente anwenden, • kennen die physikalischen Eigenschaften und Besonderheiten spinbasierter Qubits und können diese in einen größeren Zusammenhang (Elektronik, Informatik, Quanteninformation) einordnen. 						

6	Prüfungsleistung:		
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min. 30-45 Min.	Gewichtung für die Modulnote 100 %
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Physik		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Uwe Gerstmann		
13	Sonstige Hinweise: keine		
14	Empfohlene Literatur: T. Schäpers, <i>Semiconductor Spintronics</i> , De Gruyter Textbook T. Blachowicz, A. Erdmann, <i>Spintronics: Theory, Modelling, Devices</i> , Graduate Texts in Condensed Matter S. Bandyopadhyay, M. Cahay, <i>Introduction to Spintronics</i> , CRC Press A. Bencini, D. Gatteschi, <i>EPR of Exchange Coupled Systems</i> , Dover Books on Chemistry D. Gatteschi, R. Sessoli, Jacques Villain, <i>Molecular Nanomagnets</i> , Mesoscopic Physics and Nanotechnology, Oxford University Press Awschalom, Loss, Samarth, <i>Semiconductor Spintronics and Quantum Computation</i> , NanoScience and Technology, Springer W. Scherer, <i>Mathematics of Quantum Computing: An Introduction</i> , Springer		

Particles and Composites							
Particles and Composites							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
18	150	5	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Particle synthesis	V	30	45	P	ca. 120
	b	Particle synthesis	Ü	15	30	P	bis zu 30
	c	Seminarvortrag	Ü	5	25	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Elementarprozesse der Partikelsynthese (Übersättigung, Keimbildung, Wachstum, Agglomeration, Sintern, Ostwaldreifung) • Populationsbilanz-Modellierung (Grundlagen der PBM, Kerns für relevante Prozesse der Partikelsynthese, Lösung von PBM) • Gasphasenprozesse zur Partikelsynthese (Wesentliche Merkmale, Flammenprozesse, Plasmaprozesse, Heißwandreaktoren) • Flüssigphasenprozesse zur Partikelsynthese (Wesentliche Merkmale, Fällungsprozesse, Kristallisationsprozesse, Beeinflussung Kristallform) 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden beherrschen die Elementarprozesse der Partikelsynthese, verstehen die einschlägige Fachliteratur und sind fähig, diese Kenntnisse auf verschiedene Prozesse anzuwenden und die dort auftretenden Phänomene mit Hilfe dieser Kenntnisse zu analysieren und zu verstehen. • Die Studierenden kennen und beherrschen die grundlegenden Methoden der Populationsbilanzmodellierung und sind in der Lage, die sinnvolle Anwendung dieser Methoden für Partikelsyntheseprozesse einzuordnen. • Die Studierenden kennen und verstehen die wichtigsten Prozesse der Partikelsynthese. Sie sind in der Lage, diese Prozesse zu analysieren. Insbesondere können die Studierenden die Entstehung von Produkteigenschaften in Abhängigkeit der Prozessparameter analysieren sowie die Prozessgestaltung dahingehend optimieren. 						

6	Prüfungsleistung:			
	[] Modulabschlussprüfung (MAP) [x] Modulprüfung (MP) [] Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
a) und b)	Mündliche Prüfung	30 Min.	100%	
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	c	Vortrag zu exemplarischem Thema / Prozess aus dem Bereich Partikelsynthese	30 Min.	SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung ist das Bestehen der Studienleistung.			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid			
13	Sonstige Hinweise: keine			
14	Empfohlene Literatur: T. T. Kostas, M. J. Hampden-Smith, <i>Aerosol-Processing of Materials</i> , Wiley-VCH, 1999 A. Mersmann (Hrsg.), <i>Crystallization Technology Handbook</i> , CRC Press, 2001			

Additive Manufacturing							
Additive Manufacturing							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
19	150	5	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Additive Manufacturing	V	30	60	P	ca. 120
	b	Additive Manufacturing	Ü	15	45	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Additiven Fertigung <ul style="list-style-type: none"> • Klassierung von verschiedenen Verfahren • Prinzipielle Prozesskette bei der AF • Übersicht der wichtigsten Additiven Fertigungsverfahren • Polymer-Lasersintern <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen • Prozesskette • Werkstoffe • Bauteileigenschaften & Qualitätssicherung • Fused Deposition Modeling / Fused Filament Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen • Prozesskette • Werkstoffe • Bauteileigenschaften & Qualitätssicherung • Metall-Laserschmelzen <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen • Prozesskette • Werkstoffe • Bauteileigenschaften & Qualitätssicherung • Elektronenstrahlschmelzen 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden sind grundsätzlich in der Lage, die verschiedenen Verfahren der additiven Fertigung anhand unterschiedlicher Kriterien zu klassieren. Die Studierenden haben ein tieferes Verständnis der wichtigsten Verfahren zur Additiven Fertigung: Polymer Lasersintern, Fused Deposition Modeling / Fused Filament Fabrication, Metall Laserschmelzen, Elektronenstrahlschmelzen. Sie kennen die physikalischen Grundlagen und können diese anwenden.						

	<p>Die Studierenden kennen die spezifischen Stärken und Schwächen der Verfahren und können die jeweilige Anwendbarkeit für gegebene Problemstellungen kritisch bewerten. Sie sind in der Lage, jeweils die gesamte Prozesskette zu verstehen und die jeweils erzielbaren Eigenschaften daraus abzuleiten.</p> <p>In den Übungen wenden die Studierenden die in der Vorlesung erlernten Inhalte auf einfache Problemstellungen an und präsentieren ihre Lösungen z.B. durch Präsentation an der Tafel. Sie üben sich so in sprachlich und logisch korrekter Argumentation und der Fähigkeit, wissenschaftliche Sachverhalte angemessen darzustellen.</p>								
6	<p>Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a) und b)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td>90-120 Min. 45-60 Min.</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a) und b)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 Min. 45-60 Min.	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a) und b)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 Min. 45-60 Min.	100%						
7	<p>Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine</p>								
8	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine</p>								
9	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.</p>								
10	<p>Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).</p>								
11	<p>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine</p>								
12	<p>Modulbeauftragte: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid</p>								
13	<p>Sonstige Hinweise: keine</p>								
14	<p>Empfohlene Literatur: M. Schmid, <i>Selektives Lasersintern (SLS) mit Kunststoffen</i>, Hanser Verlag</p>								

Sustainable Electrochemistry							
Sustainable Electrochemistry							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
20	180	6	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	I	Corrosion Science and Engineering	V	30	60	P	ca. 120
	II	Current Topics of Energy Conversion and Storage	V	30	60	P	ca. 120
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundlagen der elektrochemischen Thermodynamik und Kinetik						
4	Inhalte: I: Allgemeine Korrosionsprinzipien; elektrochemische Mechanismen; Pourbaix-Diagramme; Kinetik der wässrigen Korrosion; Evans-Diagramme; uniforme Korrosion; galvanische Korrosion; lokale Korrosion (Lochfraß-, Spaltkorrosion); Spannungsrisskorrosion; wasserstoffinduzierte Schäden; interkristalline Korrosion; atmosphärische Korrosion; Korrosion an Polymer/Metall-Grenzflächen; Korrosion von Implantatwerkstoffen; Korrosionsschutzmaßnahmen; angewandte Korrosionsanalytik; Richtlinien zur korrosionsschutzgerechten Konstruktion. II: Elektrochemische Energiespeicherung und -umwandlung: Geschichte und Nachhaltigkeit, Typen und Anwendungen, Komponenten und Materialien, thermodynamische Grundlagen, Kinetik, Elektrodenreaktionen, Prozesse im Elektrolyten, Oberflächenelektrochemie, Charakterisierung, Kombination mit Wasserentsalzung, aktuelle Themen.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: I: Die Studierenden haben fortgeschrittene Kenntnisse der Korrosion von Metallen und Legierungen sowie der Analyse von Korrosionsprozessen in verschiedenen korrosiven Medien. Dies schließt homogene und lokale Korrosionsprozesse ein. Darüber hinaus besitzen sie einen breiten Überblick über verschiedene Korrosionsschutztechnologien im Bereich der Konstruktionswerkstoffe sowie über die Kontrolle der Korrosionskinetik von Legierungen in der Medizintechnik. II: Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse der nachhaltigen elektrochemischen Energiespeicherung und -umwandlung. Sie verfügen über ein fortgeschrittenes Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen und Prozesse und deren praktische Anwendung. Sie kennen verschiedene grundlegende und fortgeschrittene analytische Methoden zur Charakterisierung von elektrochemischen Energiespeichern.						

6	Prüfungsleistung:		
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
I und II	Klausur oder Mündliche Prüfung	120 Min. oder 30-45 Min.	Gewichtung für die Modulnote 100%
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Guido Grundmeier / Jun.-Prof. Dr. Hans-Georg Steinrück / Jun.-Prof. Dr. Nieves Lopez Salas		
13	Sonstige Hinweise: keine		
14	Empfohlene Literatur I: W. Schmickler, E. Santos: <i>Interfacial Electrochemistry</i> , Springer K. Oldham, J. Myland, A. Bond: <i>Electrochemical Science and Technology: Fundamentals and Applications</i> , Wiley P. Pedefferri: "Corrosion Science and Engineering", Springer 2018 H. Kaesche: "Corrosion of Metals: Physicochemical Principles and Current Problems, Springer II: K. W. Beard: <i>Linden's handbook of batteries</i> R. A. Huggins: <i>Advanced Batteries</i> R. Job: <i>Electrochemical energy storage</i> E. Worch: <i>Drinking water treatment: an introduction</i> A. J. Bard, L. R. Faulkner, H. S. White: <i>Electrochemical methods: fundamentals and applications</i>		

Biomaterials							
Biomaterials							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
21	150	5	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Biointerfaces and Nanobiomaterials	V	30	60	P	ca. 120
	b	Biointerfaces and Nanobiomaterials	S	15	45	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
	Inhalte: Ia: Proteinstruktur, Membransysteme, Proteinadsorption an Oberflächen und Nanopartikeln, Proteinpatterning, Proteinfehlfaltung und -aggregation, antimikrobielle Oberflächen, DNA- und RNA-Struktur, selbstassemblierte DNA-Monolagen, strukturelle DNA-Nanotechnologie, DNA-Nanostrukturen an Grenzflächen, DNA-basierte Maschinen und Roboter. Ib: Aktuelle Themen aus den Bereichen künstliche Membransysteme, Proteinadsorption an Oberflächen und Nanopartikeln, Proteinpatterning, Proteinfehlfaltung und -aggregation, antimikrobielle Oberflächen, selbstassemblierte DNA-Monolagen, strukturelle DNA-Nanotechnologie, DNA-Nanostrukturen an Grenzflächen, DNA-basierte Maschinen und Roboter.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Ia: Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Interaktion von Biomolekülen mit biologischen und künstlichen Grenzflächen. Sie haben ein fortgeschrittenes Verständnis der biomolekularen Adsorption, Aggregation und Selbstassemblierung sowie der daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten in der Materialforschung, Sensorik und Nanotechnologie. Ib: Die Studierenden können sich selbständig in komplexe Sachverhalte und neue Themengebiete einarbeiten, Daten und Ergebnisse selektiv aufbereiten und darstellen, publizierte Ergebnisse und Schlussfolgerungen kritisch hinterfragen und neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der aktuellen Forschung einem breiten Publikum vermitteln.						
6	Prüfungsleistung:						
	<input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)		<input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)		<input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	Ia	Klausur	60 Minuten		70%		
Ib	Seminarvortrag	15 Minuten		30%			

7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen bestanden sind.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Guido Grundmeier / PD Dr. Adrian Keller
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: H. Lodish et al., <i>Molecular Cell Biology</i> , Palgrave Macmillan Fifth Edition 2004 B. D. Ratner et al., eds., <i>Biomaterials Science - An Introduction to Materials in Medicine</i> , Academic Press 1996 D. S. Goodsell, <i>Bionanotechnology - Lessons from Nature</i> , Wiley-Liss, Inc., 2004 T. A. Waigh, <i>Applied Biophysics - A Molecular Approach for Physical Scientists</i> , John Wiley & Sons Ltd 2007 C. R. Calladine et al., <i>Understanding DNA. The Molecule and How It Works</i> , Academic Pr Inc 2004 M. Malmsteen, <i>Biopolymers at Interfaces</i> , Second Edition, Marcel Dekker Inc. 2003 A. D. Bates et al, <i>DNA Topology</i> , OUP Oxford 2005

Functional Materials							
Functional Materials							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
22	180	6	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	la	Physics and Application of Semiconductor- Heterostructures	V	30	30	P	ca. 120
	lb	Physics and Application of Semiconductor- Heterostructures	Ü	30	30	P	bis zu 30
	II	Sustainable Polymer Science	V	30	30	P	ca. 120
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Kenntnisse in Festkörper- und Halbleiterphysik						
4	Inhalte: I: <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen niedrigdimensionaler HL-System (Quantisierungsenergie, Zustandsdichten, Fermi-Energien, Wellenfunktionen, ...) • Elektronische Eigenschaften von Halbleiterheterostrukturen • Optische Eigenschaften von Halbleiterheterostrukturen • Materialsysteme, Herstellungsmethoden, Bauelemente II: Funktionelle Polymere (z. B. bioabbaubar, wasserlöslich), Formgedächtnispolymere, Smarte Polymere, Polyelektrolyte, Polymerpartikel, Anwendungsbeispiele von Polymeren (z. B. in Sensoren; QCM-, SPR-, Photonik und AFM-Detektion)						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: I: Beherrschung der grundlegenden Konzepte im Bereich der Halbleiterheterostrukturen mit den Aspekten Herstellung und elektrische und optische Eigenschaften. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • besitzen ein umfassendes qualitatives Verständnis von Halbleiterheterostrukturen, • besitzen Kenntnisse der Grundlagen der quantitativen Beschreibung der relevanten Phänomene, • haben die Fähigkeit, das Gelernte auf Probleme aus dem Bereich der Halbleiterheterostrukturen anzuwenden, die Ergebnisse zu diskutieren und mit Bezug auf das Fachgebiet einzuordnen. II: Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Polymermaterialien und deren Anwendung z. B. in Sensoren.						

6	Prüfungsleistung:			
	<input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)		<input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)	
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
I	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min. 30-45 Min.	75%	
II	Klausur oder Mündliche Prüfung	90-120 Min. 30-45 Min.	25%	
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen bestanden sind.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine			
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Dirk Reuter / Prof. Dr. Donat As / Prof. Dr. Dirk Kuckling			
13	Sonstige Hinweise: keine			
14	Empfohlene Literatur: I: M. Grundmann, <i>The Physics of Semiconductors</i> , Springer 2 nd Ed. Heidelberg, 2010 O. Manasreh, <i>Introduction to Nanomaterials and devices</i> , Wiley, 2011 S. M. Sze, K. K. Ng, <i>Physics of Semiconductor Devices</i> , Wiley, 3 rd Ed., 2007 J. Singh, <i>Physics of Semiconductors and their Heterostructures</i> , McGraw Hill, 1995 U. W. Pohl, <i>Epitaxy of Semiconductors</i> , Springer Heidelberg, 2013 II: Y. Gnanou, M. Fontanille, <i>Organic and Physical Chemistry of Polymers</i> , Wiley 2008 J. R. Fried, <i>Polymer Science and Technology</i> , Prentice Hall 2007 A. Seidel (Ed.), <i>Characterization and Analysis of Polymers</i> , Wiley 2008 Q. Li (Ed.), <i>Intelligent Stimuli-Responsive Materials</i> , Wiley 2013.			

Photonic Nanostructures							
Photonic Nanostructures							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
23	180	6	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Photonic Nanostructures	V	30	60	P	ca. 120
	b	Photonic Nanostructures	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Licht-Materie Wechselwirkung (Maxwellsche Gleichungen in Materie, Wellengleichung und Helmholtz-Gleichung, optische Antwort von Materialien, Polarisationsfeld, dielektrische Funktion von Isolatoren, Halbleitern und Metallen) • Photonische Nanostrukturen (eindimensionale Periodizität: Bragg-Reflektoren, Transfermatrixalgorithmus, optische Resonatoren I: Mikropillar-Resonatoren, optische Resonatoren II: Mikrodisk und Ring-Resonatoren, elektromagnetische Felder in periodischen Medien, Symmetrien und Photonik, photonische Kristallmembranen, optische Resonatoren III: Defekte in photonischen Kristallen) • Plasmonische Nanostrukturen (Grenz- und Oberflächenplasmon-Polaritonen, metallische Nanopartikel, optische Metamaterialien) 						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden sollen befähigt werden, die grundlegenden Konzepte der Lichtwechselwirkung mit Nanostrukturen korrekt und fundiert auf aktuelle Problemstellungen der modernen Physik anzuwenden und selbstständig Problemlösungen zu erarbeiten. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können eigenständig Fragestellungen aus dem Bereich der Nanooptik erkennen, differenzieren und gegenüber der Optik an makroskopischen Objekten abgrenzen, • haben die Fähigkeit zur Beschreibung und Beurteilung auftretender Effekte bei der Wechselwirkung von Licht mit dielektrischen und metallischen Nanostrukturen, • können Lösungsansätze bei komplexeren Problemstellungen beim Umgang mit optischen Nanostrukturen selbstständig entwickeln und unter Anwendung des erworbenen Wissens begründen, • können sinnvolle analytische und numerische Näherungsverfahren zur Lösung der Problemstellung unter Anleitung entwickeln und begründen, • besitzen die Fähigkeit, sich selbstständig mit aktueller englischsprachiger Fachliteratur zur Thematik der Nanooptik zu beschäftigen. 						

6	Prüfungsleistung:			
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min 30-45 Min	100 %	
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Optoelectronics and Photonics, M.Sc. Physik			
12	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Cedrik Meier / Prof. Dr. Thomas Zentgraf			
13	Sonstige Hinweise: keine			
14	Empfohlene Literatur: L. Novotny, B. Hecht, <i>Principles of Nano-Optics</i> , Cambridge University Press, New York S. Gaponenko, H. V. Demir, <i>Applied Nanophotonics</i> , Cambridge University Press, New York S. Meier, <i>Plasmonics – Fundamentals and Applications</i> , Springer, New York			

Micro Electromechanical Systems							
Micro Electromechanical Systems							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
24	180	6	1. oder 3.	WS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Micro Electromechanical Systems	V	30	60	P	ca. 120
	b	Micro Electromechanical Systems	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: Prozesstechnik, Modellierung, Kennlinien von Sensorsystemen und Aktoren in Volumen- und Oberflächenmikromechanik: Druck-, Beschleunigungs-, Drehraten-, Strömungs-, Neigungssensoren, Ventile, Relais, Aktoren in Mikrosystemtechnik Aufgaben zur Vertiefung des in der Vorlesung erlernten Wissens werden zur freiwilligen Bearbeitung ausgegeben.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, die Herstellung von Mikrosystemen zu beschreiben. Sie können die Ausgangssignale der Sensorsysteme anhand der Modellgleichungen berechnen und sind in der Lage, Anwendungsszenarien für die Mikrosysteme zu erläutern bzw. geeignete Mikrosysteme für gegebene Aufgaben zu finden.						
6	Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	a) und b)	Klausur	60 Min.		100%		
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine						
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.						

10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Electrical Systems Engineering
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann bzw. N. N. (Dozenten der Elektrotechnik)
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: Tai-Ran Hsu, <i>MEMS & Microsystems: Design, Manufacture, and Nanoscale Engineering</i> , 2008 L. Chang, <i>Foundations of MEMS</i> , 2012

Semiconductor Epitaxy							
Semiconductor Epitaxy							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
25	180	6	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Semiconductor Epitaxy	V	30	60	P	ca. 120
	b	Semiconductor Epitaxy	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundkenntnisse in den Bereichen Festkörperphysik und Halbleiterphysik						
4	Inhalte: <i>Grundlagen</i> Grundlagen der Kristallstruktur Elastische Eigenschaften von Heterostrukturen Versetzungen <i>Thermodynamik des Schichtwachstums</i> Gleichgewichtszustände Kristallwachstum <i>Atomistische Aspekte des Schichtwachstums</i> Oberflächenstruktur Kinetische Prozesse beim Schichtwachstum Selbstorganisierte Nanostrukturen <i>Methoden der Halbleiterepitaxie</i> Molekularstrahlepitaxie (MBE) metallorganische Gasphasenepitaxie (MOCVD) <i>Charakterisierungsmethoden</i> In-situ Analysemethoden (RHEED, ...)						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte der Halbleiterepitaxie mit den Aspekten Herstellung, Eigenschaften und Charakterisierung. Sie haben ein Verständnis einschließlich der ggf. mathematischen Formulierung der physikalischen Sachverhalte und Modelle. Die Teilnehmenden lernen Fragestellungen aus den Bereichen Halbleiterepitaxie praktisch zu bearbeiten und dabei das in der Vorlesung erworbene Wissen anzuwenden. Dabei sollen die Studierenden Probleme erkennen, den Bezug zur Vorlesung herstellen, Probleme ggf. mathematisch formulieren, Ergebnisse diskutieren und in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen.						

	•								
6	<p>Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a) und b)</td> <td>Klausur oder Mündliche Prüfung</td> <td>120-180 Min. 30-45 Min.</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min. 30-45 Min.	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	120-180 Min. 30-45 Min.	100%						
7	<p>Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine</p>								
8	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine</p>								
9	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.</p>								
10	<p>Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).</p>								
11	<p>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Physik</p>								
12	<p>Modulbeauftragte: Prof. Dr. Dirk Reuter / Prof. Dr. Donat As</p>								
13	<p>Sonstige Hinweise: keine</p>								
14	<p>Empfohlene Literatur: U. W. Pohl, <i>Epitaxy of Semiconductors</i>, Springer Heidelberg 2013</p>								

Semiconductor Technology							
Semiconductor Processing							
Modulnummer:	Workload (h):	LP:	Studiensemester:	Turnus:	Dauer (in Sem.):	Sprache:	P/WP:
26	180	6	2.	SS	1	en	WP
1	Modulstruktur:						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a	Semiconductor Technology	V	30	60	P	ca. 120
	b	Semiconductor Technology	Ü	30	60	P	bis zu 30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: Prozesstechnik zur Bearbeitung von Silizium-Halbleitermaterialien: Kristallziehen, Oxidation, Fotolithografie, Ätztechniken, Dotierverfahren, Schichtabscheidungen, Kontaktierung, Reinigung, MOS-Prozesse werden detailliert hinsichtlich der Durchführung, Modellierung und Anlagentechnik diskutiert Aufgaben zur Vertiefung des in der Vorlesung erlernten Wissens werden zur freiwilligen Bearbeitung ausgegeben.						
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, die Herstellung von Siliziumscheiben sowie deren Bearbeitung bis hin zur Integration von CMOS-Komponenten zu erläutern. Sie können Prozessschritte zu einem Gesamtprozess zusammenstellen und gezielt Strukturen im Halbleitermaterial erzeugen. Die Studierenden können die erlernten Prozessschritte zur Integration unterschiedlicher Bauelemente kombinieren und erwerben als Kompetenzen die Bearbeitung von Halbleitermaterialien, sowie den Transfer auf alternative Werkstoffe.						
6	Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)						
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang		Gewichtung für die Modulnote		
	a) und b)	Klausur	60 Min.		100%		
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine						
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine						

9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: M.Sc. Electrical Systems Engineering
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann bzw. N. N. (Dozenten der Elektrotechnik)
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: U. Hilleringmann, <i>Silicon Semiconductor Technology</i> , Springer 2023

Solid-State Materials Chemistry																												
Solid-State Materials Chemistry																												
Modulnummer: 27	Workload (h): 180	LP: 6	Studiensemester: 2.	Turnus: SS	Dauer (in Sem.): 1	Sprache: en	P/WP: WP																					
1	Modulstruktur: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Lehrveranstaltung</th> <th>Lehrform</th> <th>Kontaktzeit (h)</th> <th>Selbststudium (h)</th> <th>Status (P/WP)</th> <th>Gruppengröße (TN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>Inorganic Materials Chemistry</td> <td>V</td> <td>30</td> <td>90</td> <td>P</td> <td>ca. 120</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>Inorganic Materials Chemistry</td> <td>Ü</td> <td>15</td> <td>45</td> <td>P</td> <td>bis zu 30</td> </tr> </tbody> </table>								Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)	a	Inorganic Materials Chemistry	V	30	90	P	ca. 120	b	Inorganic Materials Chemistry	Ü	15	45	P	bis zu 30
	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)																						
a	Inorganic Materials Chemistry	V	30	90	P	ca. 120																						
b	Inorganic Materials Chemistry	Ü	15	45	P	bis zu 30																						
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine																											
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine; empfohlen werden Grundkenntnisse der Chemischen Synthese und Festkörperchemie																											
4	Inhalte: Festkörperstrukturen und -symmetrie, Funktionelle Materialien (z. B. Silica, Metalloxide, Hybridmaterialien), Sol-Gel-Synthese, Keramiken, spezielle Verfahren der Materialsynthese, ausgewählte Materialklassen (z. B. poröse Materialien), Biomineralien, analytische Methoden (z.B. Röntgenbeugung, Physisorption, Thermoanalyse)																											
5	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen: Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • beherrschen Grundkonzepte der chemischen Synthese und der Charakterisierung von Anorganischen Funktionsmaterialien. • erkennen Struktur-/Eigenschafts-Beziehungen • wissen, wie sich Produkteigenschaften bei der Synthese gezielt einstellen lassen • wissen durch Laborpraxis, wie Synthese- und Charakterisierungsmethoden auf ausgewählte Fragestellungen anzuwenden sind • lernen, die Originalliteratur kritisch zu bewerten. 																											
6	Prüfungsleistung: <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a) und b)</td> <td>Klausur oder Mündliche Prüfung</td> <td>60 Min. 30 Min.</td> <td>100 %</td> </tr> </tbody> </table>							zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	60 Min. 30 Min.	100 %													
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote																									
a) und b)	Klausur oder Mündliche Prüfung	60 Min. 30 Min.	100 %																									
7	Studienleistung / qualifizierte Teilnahme: keine																											
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine																											

9	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkte: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor: 1).
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Michael Tiemann
13	Sonstige Hinweise: keine
14	Empfohlene Literatur: L. E. Smart, E. A. Moore: <i>Solid State Chemistry</i> ; U. Schubert, N. Hüsing: <i>Synthesis of Inorganic Materials</i>