

# Mitteilungsblatt – Sondernummer der Paris Lodron Universität Salzburg

---

## 109. Curriculum für das Joint-Degree Masterstudium „Science and Technology of Materials“ an der Paris Lodron Universität Salzburg und an der Technischen Universität München

(Curriculum 2024)

### Inhalt

§ 1 Allgemeines.....	2
§ 2 Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil.....	2
(1) Gegenstand des Studiums	2
(2) Qualifikationsprofil und Kompetenzen (Learning Outcomes)	3
(3) Bedarf und Relevanz des Studiums für Wissenschaft, Gesellschaft und Arbeitsmarkt	4
§ 3 Aufbau und Gliederung des Studiums .....	5
§ 4 Typen von Lehrveranstaltungen .....	6
§ 5 Studieninhalt und Studienverlauf .....	6
§ 6 Wahlmodule .....	9
§ 7 Freie Wahlfächer .....	9
§ 8 Masterarbeit .....	10
§ 9 Praxis .....	11
§ 10 Internationale Mobilität .....	11
§ 11 Vergabe von Plätzen bei Lehrveranstaltungen mit limitierter Teilnehmer:innenzahl.....	12
§ 12 Prüfungsordnung.....	12
§ 13 Kommissionelle Masterprüfung .....	12
§ 14 Inkrafttreten .....	13
§ 15 Übergangsbestimmungen .....	13
Anhang I: Modulbeschreibungen .....	14

Der Senat der Paris Lodron Universität Salzburg hat mit Vorratsbeschluss vom 12.03.2024 das von der Curricularkommission Bachelorstudium Materialien und Nachhaltigkeit, Joint-Degree Bachelorstudium Ingenieurwissenschaften, Masterstudium Chemistry and Physics of Materials und Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials der Universität Salzburg in der Sitzung vom 03.04.2024 beschlossene Curriculum für das englischsprachige Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials in der nachfolgenden Fassung erlassen.

Rechtsgrundlage sind das Bundesgesetz über die Organisation der Universitäten und ihre Studien (Universitätsgesetz 2002 – UG), BGBl. I Nr. 120/2002, sowie der studienrechtliche Teil der Satzung der Universität Salzburg in der jeweils geltenden Fassung.

## **§ 1 Allgemeines**

- (1) Der Gesamtumfang für das Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials beträgt 120 ECTS-Anrechnungspunkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von 4 Semestern.
- (2) Absolvent:innen des Joint-Degree Masterstudiums Science and Technology of Materials wird der akademische Grad „Master of Science“, abgekürzt „MSc“, verliehen.
- (3) Voraussetzung für die Zulassung zum Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials ist der Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines anderen fachlich in Frage kommenden Studiums mindestens desselben hochschulischen Bildungsniveaus an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung (vgl. § 64 Abs. 3 UG).
- (4) Zum Ausgleich wesentlicher fachlicher Unterschiede können zusätzliche Leistungsnachweise im Ausmaß von bis zu 45 ECTS-Anrechnungspunkten vorgeschrieben werden, die bis zum Ende des zweiten Semesters des Masterstudiums zu erbringen sind. Die Feststellung, ob wesentliche fachliche Unterschiede bestehen, obliegt dem Rektorat bzw. einer von diesem benannten Person der Universität Salzburg.
- (5) Allen Leistungen, die von Studierenden zu erbringen sind, werden ECTS-Anrechnungspunkte zugeteilt. Ein ECTS-Anrechnungspunkt entspricht an der PLUS 25 Arbeitsstunden und an der TUM 30 Arbeitsstunden und beschreibt das durchschnittliche Arbeitspensum, das erforderlich ist, um die erwarteten Lernergebnisse zu erreichen. Das Arbeitspensum eines Studienjahres entspricht 1500 bis 1800 Echtstunden und somit einer Zuteilung von 60 ECTS-Anrechnungspunkten.
- (6) Studierende mit Behinderungen und/oder chronischer Erkrankung dürfen keinerlei Benachteiligung im Studium erfahren. Es gelten die Grundsätze der UN-Konvention für die Rechte von Menschen mit Behinderungen, das Bundes-Gleichbehandlungsgesetz sowie das Prinzip des Nachteilsausgleichs.

## **§ 2 Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil**

### **(1) Gegenstand des Studiums**

Innovative Anwendungen und Aufgabenfelder in Wissenschaft, Technik und Medizin einschließlich ihrer industriellen Nutzung verlangen nach neuartigen Werkstoffen, deren Leistungsspektrum sich von bisherigen Materialkonzepten abhebt.

Beispiele für Ziele und Herausforderungen bestehender Schlüsseltechnologien sind die Erhöhung der Energieeffizienz von Materialien (Maschinenbau, Energie- und Umwelttechnik sowie

IT), die nachhaltige Gewinnung biobasierter Rohstoffe (Bioökonomie) oder die Gestaltung bioaktiver Oberflächen zum Beispiel für medizinische Implantate (Medizintechnik). Zur Bearbeitung dieser Herausforderungen kommen vermehrt Synergien zwischen unterschiedlichen naturwissenschaftlichen und technischen Fächerkulturen zum Tragen. Da in jedem Bereich der Technik die Bewältigung aktueller Herausforderungen nur unter guter Kenntnis, Auswahl und Charakterisierung von in Frage kommenden Werkstoffen und Materialien möglich ist, gibt es einen anhaltenden Bedarf an gut ausgebildeten Material- und Werkstoffwissenschaftler:innen.

Das Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials wird als Joint Degree zwischen der Paris Lodron Universität Salzburg (PLUS) und der Technischen Universität München (TUM) angeboten. Es ist ein interdisziplinär aufgebautes Studium, das die Herstellung, Charakterisierung (Material- und Funktionsbeschreibung) und wissensbasierte Weiterentwicklung (Prozessierung) von Struktur- und Funktionsmaterialien im Labor und in der Anwendung zum zentralen Thema hat. Hinsichtlich der angestrebten Materialfunktionen sind es die chemischen, physikalischen und in vielen Fällen auch biologischen Faktoren, die Eigenschaft, Stabilität und Umweltverträglichkeit eines Materials bestimmen. Die aktuellen Herausforderungen in der Materialentwicklung liegen nach wie vor sowohl in der Verbesserung der Werkstoffeigenschaften als auch in der Realisierung sinnvollerer Konstruktionen, die auf die Verringerung des Quotienten aus Werkstoffmenge und technischer Wirkung abzielen. Der Zugewinn an Funktionalität im Vergleich zu den absoluten Mengen an produzierten Werkstoffen rückt damit in den Vordergrund, wobei gleichzeitig die Anteile an kritischen Rohstoffen nicht steigen sollen. Übergeordnetes Ziel des Studiengangs ist die Ausbildung von Naturwissenschaftler:innen und Ingenieur:innen für die oben genannten Herausforderungen und ihren Einsatz in der Materialherstellung und -charakterisierung, in der Werkstoffentwicklung, in der Konstruktion, in der Simulation sowie in der Produktion. Darüber hinaus baut der Studiengang auf das immer stärker werdende Bewusstsein um die Bedeutung von Stoffkreisläufen und Ressourceneffizienzen auf. Lösungsansätze, wie diese Ziele zu erreichen sind, sollen in diesem Studiengang disziplinenübergreifend vermittelt werden.

## **(2) Qualifikationsprofil und Kompetenzen (Learning Outcomes)**

Der Studiengang vermittelt Einblick in die aktuellen Methoden der Materialherstellung und Materialcharakterisierung und führt in ein breites Spektrum technischer Anwendungsmöglichkeiten ein. An der TUM erfolgt weiterführend die Behandlung der Materialien hinsichtlich ihres Einsatzes in einer technischen Anwendung. Insbesondere sollen die Materialien in Bezug auf ihre Stabilität unter Anwendungsbedingungen als Funktion diverser Betriebsarten analysiert werden (z.B. Druck, Temperatur, Felder, Feuchtigkeit). Ergänzt wird dies durch die Life Cycle Analysis des Materials unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen. Die Studierenden erweitern dabei auch ihre Kenntnisse über die Anwendungsfelder und die dazugehörigen Trends für diverse Materialien.

Fachlich gesehen wird zunächst das Wissen im Rahmen der Disziplinen Chemie, Physik und Materialwissenschaft auf Masterniveau erweitert. Ferner erfolgt ein Ausbau der Kenntnisse in der Werkstofftechnik sowie der mineralischen oder biogenen Werkstoffe. Darauf aufbauend bietet die School of Engineering and Design eine Reihe von grundlagen- (z.B. Werkstoffentwicklung) und/oder fertigungsorientierten (z.B. Fertigungstechnologien) Modulen als technische, anwendungsorientierte Ingenieurkomponente des Studiums an.

Unter diesen Aspekten besitzen die Absolvent:innen des Studiengangs folgende Fachkompetenzen: Sie sind in der Lage, einen gewünschten Werkstoff (ein gewünschtes Produkt) mit definierten Eigenschaften herzustellen. Dabei wenden sie modernste Analysemethoden an, welche sie befähigen, die Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der Materialien in Zusammenhang mit den Prozessparametern bei deren Herstellung zu verstehen und zu optimieren. Letzteres befähigt sie, die Leistungsfähigkeit eines Werkstoffes hinsichtlich seines Anwendungsprofils zu erfassen und zu bewerten, um diesen dann folgerichtig, ökonomisch und nachhaltig

einsetzen zu können. Darüber hinaus werden die Studierenden in die Lage versetzt, ein neuartiges Material- und Werkstoffdesign entwickeln zu können, das dem Grundsatz „reduce, reuse and recycle“ folgt.

Die Studierenden sind vertraut mit modernsten Methoden der Herstellung, Verarbeitung und Charakterisierung von Struktur- und Funktionsmaterialien, kennen aktuelle Einsatzgebiete und Trends und können in diesen Bereichen sowohl Grundlagen- als auch angewandte Forschung betreiben. Damit sind sie befähigt, selbstständig wissenschaftlich zu arbeiten und können material- und verfahrensbezogene innovative Problemlösungen für nachhaltige Entwicklungen erarbeiten. Insbesondere besitzen sie eine gute Übersicht über aktuelle natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschungsmethoden und sind in der Lage, Forschungsstrategien für grundlagen- und anwendungsorientierte wissenschaftliche Projekte zu entwickeln und diese selbstständig durchzuführen.

Absolvent:innen des Joint-Degree Masterstudiums Science and Technology of Materials sind befähigt, komplexe technisch-physikalisch-chemische Vorgänge und Systeme analytisch zu beschreiben und bestimmende Wirkmechanismen zu identifizieren. Anhand der vermittelten Methoden und Konzepte können sie material- und prozessrelevante Probleme fachspezifisch definieren und darauf aufbauende Fragestellungen formulieren. Entsprechend sind sie in der Lage, relevante Lösungsansätze zu entwickeln.

Die verwendeten Lehrformen und -inhalte verleihen den Studierenden die (fortgeschrittene) Fähigkeit, sich eigenständig ergänzende Methoden und Zusammenhänge zu erarbeiten. Dies gilt insbesondere für stark interdisziplinär ausgeprägte Ingenieursaufgaben und Anwendungen mit innovativem Werkstoffeinsatz. Die erworbenen interdisziplinären Fähigkeiten und die Methodik der mehrskaligen Betrachtung, Skalierung und Beurteilung eines Werkstoffes ergeben ein einmaliges, branchen- und disziplinenübergreifendes Kompetenzprofil. Neben der reinen methodischen Durchdringung einzelner Fach-/Modulinhalte können auch verschiedene Aspekte der „großen“ gesellschaftlichen Zukunftsfelder wie Nachhaltigkeit, Sicherheit, Klimaschutz und Ressourcenmanagement miteinander verknüpft werden.

### **(3) Bedarf und Relevanz des Studiums für Wissenschaft, Gesellschaft und Arbeitsmarkt**

Die Entwicklung von innovativen und konkurrenzfähigen Produkten gilt in allen Ingenieursdisziplinen und vielen naturwissenschaftlichen Disziplinen als ein zentrales, branchenübergreifendes Ziel. Zugleich eröffnet die Entwicklung neuartiger, multifunktionaler Werkstoffe und Werkstoffverbunde große Potentiale hinsichtlich leichter, energieeffizienterer, sichererer, umweltverträglicherer und nachhaltigerer Bauweisen. Das fundierte Wissen über Werkstoffe in Bezug auf Synthese, Struktur, Eigenschaften, deren Charakterisierung sowie ihr Einsatzverhalten und deren Rückführung in den Werkstoffkreislauf sind heute und zukünftig von zentraler Bedeutung. Ohne sie sind weder Innovationen in den oben aufgeführten Einsatzbereichen möglich, noch lassen sich die angesprochenen gesellschaftlichen Herausforderungen mit den bisherigen Materialien zufriedenstellend lösen.

Mit den oben genannten Kompetenzen ausgestattet, führen die Absolvent:innen des interdisziplinären Studiengangs Synergien zwischen unterschiedlichen naturwissenschaftlichen und technischen Fächerkulturen herbei. Daher steht ihnen ein besonders breites Spektrum an Berufsfeldern offen. Dieses reicht von fachspezifischen Tätigkeiten bis hin zu Funktionen in Dienstleistungsbereichen und im Management.

Absolvent:innen des Joint-Degree Masterstudiums Science and Technology of Materials stehen u.a. folgende Berufsfelder offen:

- in der Fahrzeug- und Flugzeugindustrie,
- in der Umwelttechnik,

- in der Chemischen Industrie und im Bauwesen,
- in der Bio- und Medizintechnik,
- in Branchen der Elektro- und Elektronikindustrie,
- in der Forschung an Hochschulen und an außeruniversitären wissenschaftlichen Instituten,
- grundsätzlich in der Werkstoffentwicklung sowie Produktionstechnik.

### § 3 Aufbau und Gliederung des Studiums

Studienstandorte sind Salzburg (PLUS) sowie Garching/München (TUM-School for Engineering und Design, Department for Materials Engineering) oder Straubing (TUM-Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit). Auf Grund der räumlichen Distanz zwischen München und Straubing wird den Studierenden an der TUM empfohlen, alle Lehrveranstaltungen eines Semesters ausschließlich an einem Studienstandort gemäß den dort angebotenen Schwerpunkten zu belegen. Die fachliche Schwerpunktsetzung bedeutet auch eine örtliche Schwerpunktsetzung.

Für das Studium bewirbt man sich ausschließlich an der Universität Salzburg (PLUS), an welcher auch unter Beteiligung von Mitgliedern der TUM das Eignungsverfahren durchgeführt wird. Das Studium kann nur im Wintersemester an einer von beiden Universitäten begonnen werden. Es gibt zwei mögliche Varianten für den Studienablauf:

Semester	Variante A	Variante B
I	PLUS	TUM
II	PLUS	TUM
III	TUM	PLUS
IV	Masterarbeit	Masterarbeit

Das Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials beinhaltet 11 Module (Variante A) bzw. 7 PLUS-Module/TUM-Schwerpunktmodule (Variante B), für die 120 ECTS-Anrechnungspunkte vorgesehen sind. Weiters sind 12 (Variante A) bzw. 6 (Variante B) ECTS-Anrechnungspunkte für die Freien Wahlfächer veranschlagt. Die Masterarbeit wird mit 27 ECTS-Anrechnungspunkten bewertet.

	ECTS	
	Variante A	Variante B
Chemistry of Materials A	5	5
Chemistry of Materials B	5	
Physics of Materials	5	5
Materials Characterization A	4	4
Materials Characterization B	9	
Profilierungsmodule:		
Advanced Topics in Materials Science A	10	10
Advanced Topics in Materials Science B	10	

Schwerpunktmodul TUM A	30	30
Schwerpunktmodul TUM B		30
Freie Wahlfächer	12	6
Seminar Materials Science	1	1
Masterarbeit	27	27
Masterprüfung	2	2
<b>Summe</b>	<b>120</b>	<b>120</b>

#### § 4 Typen von Lehrveranstaltungen

Im Studium sind folgende Lehrveranstaltungstypen vorgesehen:

**Vorlesung (VO)** gibt einen Überblick über ein Fach oder eines seiner Teilgebiete sowie dessen theoretische Ansätze und präsentiert unterschiedliche Lehrmeinungen und Methoden. Die Inhalte werden überwiegend im Vortragsstil vermittelt. Eine Vorlesung ist nicht prüfungsimmanent und hat keine Anwesenheitspflicht.

**Vorlesung mit Übung (VU)** verbindet die theoretische Einführung in ein Teilgebiet mit der Vermittlung praktischer Fähigkeiten. Eine Vorlesung mit Übung ist nicht prüfungsimmanent und hat keine Anwesenheitspflicht.

**Seminar (SE)** ist eine wissenschaftlich weiterführende Lehrveranstaltung. Sie dient dem Erwerb von vertiefendem Fachwissen sowie der Diskussion und Reflexion wissenschaftlicher Themen anhand aktiver Mitarbeit seitens der Studierenden. Ein Seminar ist eine prüfungsimmanente Lehrveranstaltung mit Anwesenheitspflicht.

Unterschiedliche Schwerpunktsetzungen von Seminaren werden in der Lehrveranstaltungsbeschreibung ausgewiesen (beispielsweise Betreuungseminar, Empirisches Seminar, Projektseminar, Interdisziplinäres Seminar, ...).

**Praktikum (PR)** dient der Anwendung und Festigung von erlerntem Fachwissen und Methoden und dem Erwerb von praktischen Fähigkeiten. Ein Praktikum ist eine prüfungsimmanente Lehrveranstaltung mit Anwesenheitspflicht. Unterschiedliche Schwerpunktsetzungen von Praktika werden in der Lehrveranstaltungsbeschreibung ausgewiesen (beispielsweise Schulpraktikum, ...).

#### § 5 Studieninhalt und Studienverlauf

Im Folgenden sind die Module und Lehrveranstaltungen des Joint-Degree Masterstudiums Science and Technology of Materials aufgelistet. Die Zuordnung zu Semestern ist eine Empfehlung und stellt sicher, dass die Abfolge der Lehrveranstaltungen optimal auf das Vorwissen aufbaut und der Jahresarbeitsaufwand 60 ECTS-Anrechnungspunkte nicht überschreitet. Module und Lehrveranstaltungen können auch in anderer Reihenfolge absolviert werden.

Die detaillierten Beschreibungen der Module inkl. der zu vermittelnden Kenntnisse, Methoden und Fertigkeiten finden sich in Anhang I: Modulbeschreibungen.

### Variante A: Beginn des Studiums im Wintersemester an der PLUS

Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials								
Modul	Lehrveranstaltung	SSt.	T y p	ECT S	Semester mit ECTS			
					I	II	I   I	I V
<b>(1) Pflichtmodule</b>								
<b>STM 01: Chemistry of Materials A</b>								
STM 01.1 Chemistry of Materials I		3	V O	3	3			
STM 01.2 Chemistry of Materials I		2	V U	2	2			
Zwischensumme Modul STM 01		5		5	5			
<b>STM 02: Physics of Materials</b>								
STM 02.1 Physics of Materials		3	V O	3	3			
STM 02.2 Functional Materials		2	V O	2	2			
Zwischensumme Modul STM 02		5		5	5			
<b>STM 03: Materials Characterization A</b>								
STM 03.1 Materials Characterization I (Scattering and Diffraction)		3	V U	4	4			
Zwischensumme Modul STM 03		3		4	4			
<b>STM 04: Chemistry of Materials B</b>								
STM 04.1 Chemistry of Materials II		2	V O	2		2		
STM 04.2 Materials Selection		2	V U	3		3		
Zwischensumme Modul STM 04		4		5		5		
<b>STM 05: Materials Characterization B</b>								
STM 05.1 Materials Characterization II (Microscopy)		2	V U	3		3		
STM 05.2 Materials Characterization III (Thermophysical Properties & Thermal Analysis)		2	V O	2		2		
STM 05.3 Materials Characterization IV (Elemental Analysis and Spectroscopy)		3	V U	4		4		
Zwischensumme Modul STM 05		7		9		9		
Summe Pflichtmodule		24		28	14	14		

<b>(2) Profilierungs- und Schwerpunktmodule lt. § 6</b>								
<b>Profilierungsmodule an der PLUS</b>								
(Angeführt sind die pro Profilierungsmodul zu absolvierenden ECTS Einheiten. Zu deren Erfüllung können die Lehrveranstaltungen der unter § 6 angeführten Lehrveranstaltungsliste für jedes Profilierungsmodul frei gewählt werden)								
<b>STM WM 07:</b>								
<b>Advanced Topics in Materials Science A</b>				10	10			
<b>STM WM 08:</b>								
<b>Advanced Topics in Materials Science B</b>				10		10		
Summe Profilierungsmodule - PLUS				20	10	10		

<b>Schwerpunktmodul an der TUM (Campus Garching oder Campus Straubing)</b>							
(Angeführt sind die pro Schwerpunktmodul zu absolvierenden ECTS Einheiten. Für eine geeignete Auswahl an TUM-Wahlmodulen und dazu passenden Ergänzungsmodulen und Praktika kann der Fokus auf verschiedene Schwerpunkte gelegt werden, siehe § 6)							
<b>TUM Schwerpunktmodul A</b>			30			30	
<b>Summe Schwerpunktmodule - TUM</b>			30			30	
<b>Summe Profilierungs- und Schwerpunktmodule</b>			50	10	10	30	
<b>(3) Freie Wahlfächer</b>			12	6	6		
<b>(4) Seminar Materials Science</b>	1	S E	1				1
<b>(5) Masterarbeit</b>			27				27
<b>(6) Masterprüfung</b>			2				2
<b>Summen Gesamt</b>			120	30	30	30	30

### Variante B: Beginn des Studiums im WS an der TUM

<b>Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials</b>								
Modul	Lehrveranstaltung	SSt	Typ	ECTS	Semester mit ECTS			
					I	II	III	IV
<b>(1) Pflichtmodule</b>								
<b>STM 01: Chemistry of Materials A</b>								
STM 01.1 Chemistry of Materials I		3	VO	3			3	
STM 01.2 Chemistry of Materials I		2	VU	2			2	
Zwischensumme Modul STM 01		5		5			5	
<b>STM 02: Physics of Materials</b>								
STM 02.1 Physics of Materials		3	VO	3			3	
STM 02.2 Functional Materials		2	VO	2			2	
Zwischensumme Modul STM 02		5		5			5	
<b>STM 03: Materials Characterization A</b>								
STM 03.1 Materials Characterization I (Scattering and Diffraction)		3	VU	4			4	
Zwischensumme Modul STM 03		3		4			4	
<b>Summe Pflichtmodule</b>		13		14			14	

<b>(2) Profilierungs- und Schwerpunktmodule lt. § 6</b>	
<b>Profilierungsmodule an der PLUS</b>	
(Angeführt sind die pro Profilierungsmodul zu absolvierenden ECTS Einheiten. Zu deren Erfüllung können die Lehrveranstaltungen der unter § 6 angeführten Lehrveranstaltungsliste für jedes Profilierungsmodul frei gewählt werden)	



<b>STM WM 07: Advanced Topics in Materials Science A</b>			10			10	
Summe Profilierungsmodule - PLUS			10			10	

<b>Schwerpunktmodule an der TUM (Campus Garching oder Campus Straubing)</b> (Angeführt sind die pro Schwerpunktmodul zu absolvierenden ECTS Einheiten. Für eine geeignete Auswahl an TUM-Wahlmodulen und dazu passenden Ergänzungsmodulen und Praktika kann der Fokus auf verschiedene Schwerpunkte gelegt werden, siehe § 6)							
<b>TUM Schwerpunktmodul A</b>			30	30			
<b>TUM Schwerpunktmodul B</b>			30		30		
Summe Schwerpunktmodule - TUM			60	30	30		
Summe Profilierungs- und Schwerpunktmodule			70	30	30	10	
<b>(3) Freie Wahlfächer</b>							
			6			6	
<b>(4) Seminar Materials Science</b>	1	S E	1				1
<b>(5) Masterarbeit</b>			27				27
<b>(6) Masterprüfung</b>			2				2
<b>Summen Gesamt</b>			120	30	30	30	30

## § 6 Profilierungs- und Schwerpunktmodule

Im Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials sind Profilierungs- und Schwerpunktmodule mit 50 (Variante A) bzw. 70 (Variante B) ECTS-Anrechnungspunkten verteilt über die PLUS und die TUM zu absolvieren.

An der PLUS setzen sich Profilierungsmodule aus einem thematisch fokussierten Lehrveranstaltungsportfolio zusammen, aus dem ausgewählt werden kann. Schwerpunktmodule an der TUM setzen sich aus TUM-Wahlmodulen, Ergänzungsmodulen und Praktika zusammen.

PLUS-Profilierungsmodule und TUM-Schwerpunktmodule dienen der Spezialisierung und Vertiefung der Fachkenntnisse auf einem Gebiet des persönlichen materialwissenschaftlichen Interesses. Dazu sind, im Einklang mit den in den PLUS-Profilierungsmodulen und TUM-Schwerpunktmodulen beschriebenen Learning Outcomes und Inhalten, Lehrveranstaltungen an den jeweiligen Studienstandorten zu wählen.

## § 7 Freie Wahlfächer

- (1) Im Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials sind frei zu wählende Lehrveranstaltungen im Ausmaß von 12 (Variante A) bzw. 6 (Variante B) ECTS-Anrechnungspunkten zu absolvieren. Diese können frei aus dem Lehrveranstaltungsangebot aller anerkannten postsekundären Bildungseinrichtungen gewählt werden und dienen dem Erwerb von Zusatzqualifikationen sowie der individuellen Schwerpunktsetzung innerhalb des Studiums.

- (2) Bei innerem fachlichem Zusammenhang der gewählten Lehrveranstaltungen im Ausmaß von 12 ECTS-Anrechnungspunkten kann eine Ausweisung der Wahlfächer als „Wahlfachmodul“ im Masterzeugnis erfolgen.
- (3) Zur Erweiterung des Bildungshorizontes und zur Unterstützung interdisziplinärer Denkweisen werden die übrigen Lehrveranstaltungen aus den Profilierungs- und Schwerpunktmodulen lt. § 6 und sonstige Lehrveranstaltungen aus folgenden Wissensgebieten empfohlen:
  - Physik, Chemie, Material- bzw. Werkstoffwissenschaften, Geowissenschaften, Biowissenschaften, Umweltwissenschaften,
  - Mathematik, Informatik, Programmierung, Datenerfassung, Simulation,
  - Mechanik, Ingenieurwissenschaften, Maschinenwesen, Verfahrenstechnik,
  - Elektrotechnik, Regelungstechnik, Elektronik,
  - Wirtschaftswissenschaften, Rechtswissenschaften,
  - Gender Studies, Global Studies, Sprachen, Medien, Rhetorik.

## § 8 Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit dient dem Nachweis der Befähigung, wissenschaftliche Themen aus dem Bereich Science and Technology of Materials selbstständig sowie inhaltlich und methodisch nach den aktuellen wissenschaftlichen Standards zu bearbeiten.
- (2) Die Aufgabenstellung der Masterarbeit ist so zu wählen, dass die Bearbeitung innerhalb von sechs Monaten möglich und zumutbar ist (vgl. § 81 Abs. 2 UG).
- (3) Themen zur Masterarbeit haben Bezug zu den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Inhalten der im § 3 bzw. im Anhang I definierten Module des Curriculums und werden über die PLUS koordiniert.

Themenvorschläge können sowohl von den am Joint-Degree Masterstudiengang Science and Technology of Materials beteiligten Fachbereichen, Instituten und Lehrstühlen beider Universitäten als auch von Seiten der Studierenden eingebracht werden.

Die Themenvorschläge müssen ausreichend ausgearbeitet sein, um eine Prüfung der folgenden Kriterien zuzulassen:

- a) Bezug zu den Modulinhalten bzw. Lehrinhalten des Curriculums,
- b) Erfüllung der allgemeinen Anforderungen,
- c) Durchführbarkeit im vorgegebenen Zeitrahmen,
- d) Betreuung durch Universitätslehrer:innen (in der Regel mit Lehrbefugnis) der am Joint-Degree Masterstudiengang Science and Technology of Materials beteiligten Fachbereiche, Institute und Lehrstühle der PLUS bzw. der TUM.

Die formelle Genehmigung des von Seiten des/der Studierenden gewählten Themas der Masterarbeit erfolgt, nach Stellungnahme des/der Vorsitzenden der Curricularkommission, durch den/die Dekan:in.

- (4) Die Masterarbeit ist mit 27 ECTS-Anrechnungspunkten bewertet.
- (5) Bei der Bearbeitung des Themas und der Betreuung der Studierenden sind die Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes, BGBl. Nr. 111/1936, zu beachten (vgl. § 80 Abs. 2 UG).
- (6) Die Masterarbeit kann erst nach Absolvierung von mindestens 80 Prozent der geforderten ECTS-Anrechnungspunkte der Pflicht- und Wahlpflichtmodule und gegebenenfalls aller auferlegten Zusatzaufgaben angemeldet werden.
- (7) Die Ergebnisse der Masterarbeit sind im Rahmen eines Seminars Materials Science vorzustellen.

## § 9 Praxis

Studierenden steht die Möglichkeit offen, sich eine berufsorientierte Praxis im Rahmen der Freien Wahlfächer im Ausmaß von bis zu 4 Wochen im Sinne einer Vollbeschäftigung (dies entspricht maximal 6 ECTS-Anrechnungspunkten) anrechnen zu lassen. Die Praxis hat einen sinnvollen Zusammenhang zum Studium aufzuweisen und ist vom zuständigen studienrechtlichen Organ der PLUS vor Antritt der Praxis zu bewilligen. Zur Anerkennung dieser Leistung ist eine Praxisbescheinigung erforderlich, die folgende Punkte beinhalten muss: Ort und Dienststelle der Institution oder des Unternehmens, bei der die Praxis absolviert wurde, Dauer der Praxis, Kurzbeschreibung der ausgeführten Tätigkeiten und eine in Worte gefasste Beurteilung durch die verantwortliche Betreuerin oder den verantwortlichen Betreuer.

Im Rahmen der berufsorientierten Praxis können u.a. folgende Qualifikationen erworben werden:

- Anwendung der erworbenen fachspezifischen Kompetenzen im beruflichen Kontext,
- Kennenlernen von Anwendungsszenarien fachwissenschaftlicher Konzepte,
- Erwerb von Soft Skills (u.a. Teamarbeit, Kommunikationskompetenz, Planungskompetenz) im beruflichen Kontext.

## § 10 Internationale Mobilität

Studierende des Joint-Degree Masterstudiums Science and Technology of Materials sind verpflichtet, mindestens ein Semester an der Technischen Universität München (TUM) zu absolvieren.

Studierenden des Joint-Degree Masterstudiums Science and Technology of Materials steht darüber hinaus die Möglichkeit offen, ein Auslandssemester an einer anderen ausländischen Universität zu absolvieren. Dafür kommt insbesondere das Semester 2 des Studiums in Frage. Die Anerkennung von im Auslandsstudium absolvierten Lehrveranstaltungen erfolgt durch das zuständige studienrechtliche Organ. Die für die Beurteilung notwendigen Unterlagen sind von der/dem Antragsteller:in vorzulegen.

Es wird sichergestellt, dass Auslandssemester ohne Verzögerungen im Studienfortschritt möglich sind, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- pro Auslandssemester werden Lehrveranstaltungen im Ausmaß von zumindest 30 ECTS-Anrechnungspunkten abgeschlossen,
  - die im Rahmen des Auslandssemesters absolvierten Lehrveranstaltungen stimmen inhaltlich nicht mit bereits an der Universität Salzburg absolvierten Lehrveranstaltungen überein,
  - vor Antritt des Auslandssemesters wurde bescheidmäßig festgestellt, welche der geplanten Prüfungen für im Curriculum vorgeschriebene Prüfungen anerkannt werden.  
Neben den fachwissenschaftlichen Kompetenzen können durch einen Studienaufenthalt im Ausland u. a. folgende Qualifikationen erworben werden:
  - Erwerb und Vertiefung von fachspezifischen Fremdsprachenkenntnissen,
  - Erwerb und Vertiefung von allgemeinen Fremdsprachenkenntnissen (Sprachverständnis, Konversation,...),
  - Erwerb und Vertiefung von organisatorischer Kompetenz durch eigenständige Planung des Studienalltags in internationalen Verwaltungs- und Hochschulstrukturen,
  - Kennenlernen und studieren in internationalen Studiensystemen sowie Erweiterung der eigenen Fachperspektive,
  - Erwerb und Vertiefung von interkulturellen Kompetenzen.
- Studierende mit Behinderungen und/oder chronischer Erkrankung werden bei der Suche nach einem Platz für ein Auslandssemester sowie dessen Planung seitens der Universität aktiv unterstützt.

## § 11 Vergabe von Plätzen bei Lehrveranstaltungen mit limitierter Teilnehmer:innenzahl

- (1) Die Teilnehmer:innenzahl ist im Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials für die einzelnen Lehrveranstaltungstypen an der PLUS folgendermaßen beschränkt:

Vorlesung (VO)	keine Beschränkung
Vorlesung mit Übung (VU)	keine Beschränkung
Praktikum (PR)	10
Seminar (SE)	keine Beschränkung

- (2) Bei Lehrveranstaltungen mit beschränkter Teilnehmer:innenzahl werden bei Überschreitung der Höchstteilnehmer:innenzahl durch die Anzahl der Anmeldungen jene Studierenden bevorzugt aufgenommen, für die diese Lehrveranstaltung Teil des Curriculums ist.
- (3) Die Vergabe der Plätze erfolgt nach der in der Satzung der Universität Salzburg festgelegten Reihenfolge.
- (4) Für Studierende in internationalen Austauschprogrammen stehen zusätzlich zur vorgesehenen Höchstteilnehmer:innenzahl Plätze im Ausmaß von zumindest zehn Prozent der Höchstteilnehmer:innenzahl zur Verfügung. Diese Plätze werden nach dem Los vergeben.

## § 12 Prüfungsordnung

- (1) Für die Beurteilung des Studienerfolgs, die Nichtigerklärung von Beurteilungen, die Ausstellung von Zeugnissen, die Festlegung der Prüfungstermine, die Anmeldung zu Prüfungen, die Durchführung, Wiederholung und Anerkennung von Prüfungen sowie den Rechtsschutz bei Prüfungen gelten für die Studien in Salzburg die Bestimmungen im studienrechtlichen Teil der Satzung der Paris Lodron Universität Salzburg (PLUS), und für Studien in München die Regelungen der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung (APSO) für Bachelor- und Masterstudiengänge der Technischen Universität München (TUM).
- (2) An der TUM werden die Module dieses Curriculums mittels TUM-Modulprüfungen beurteilt. Die Erreichung der Modulziele wird über alle Lehrveranstaltungen des Moduls gemeinsam überprüft (Prüfung schriftlich oder Testat) und beurteilt. Für die Modulprüfungen an der TUM gelten die Regelungen der APSO für Bachelor- und Masterstudiengänge der TUM.
- (3) An der PLUS werden die Module dieses Curriculums mittels PLUS-Modulprüfungen oder PLUS-Modulteilprüfungen beurteilt.
- (4) Für Studierende mit Behinderung bzw. chronischer/psychischer Erkrankung werden vom VR Lehre und Studium in Zusammenarbeit mit der Abteilung FGDD abweichende, auf den Einzelfall abgestimmte Prüfungsmodalitäten festgelegt.

## § 13 Kommissionelle Masterprüfung

- (1) Das Joint-Degree Masterstudium Science and Technology of Materials wird mit einer kommissionellen Masterprüfung im Ausmaß von 2 ECTS-Anrechnungspunkten abgeschlossen.
- (2) Voraussetzung für die kommissionelle Masterprüfung ist der Nachweis der positiven Absolvierung aller vorgeschriebenen Prüfungen und Beurteilung der Masterarbeit.
- (3) Die kommissionelle Masterprüfung besteht aus folgenden Bestandteilen:
- Präsentation der durchgeführten Masterarbeit,
  - Defensio der Masterarbeit,

- (c) Prüfungsgespräch über ein Pflichtmodul oder ein Profilierungsmodul / Schwerpunktmodul nach § 6 des Curriculums, das Bezug zum Masterarbeitsthema besitzt,
- (d) Prüfungsgespräch über sonstige fachübergreifende Curriculums-relevante Inhalte.

Die Punkte (c) und (d) werden dabei in fachlichem Bezug zur Masterarbeit durchgeführt und stellen curriculare Querverbindungen her, sodass insgesamt die Charakteristik einer Defensio entsteht.

- (4) Der Prüfungssenat aus Vertretern sowohl der PLUS wie der TUM besteht aus insgesamt 3 Personen, wobei eine der/die Betreuer:in der Masterarbeit ist.

#### **§ 14 Inkrafttreten**

Das Curriculum tritt mit 1. Oktober 2024 in Kraft.

#### **§ 15 Übergangsbestimmungen**

- (1) Studierende, die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens dieses Curriculums für das Joint Degree Masterstudium Science and Technology of Materials an der Paris Lodron-Universität Salzburg (Version 2019, Mitteilungsblatt – Sondernummer 134, 56. Stück vom 24. April 2019) gemeldet sind, sind berechtigt, ihr Studium bis längstens 30.09.2026 nach diesen Studienvorschriften abzuschließen.
- (2) Die Studierenden sind berechtigt, sich jederzeit freiwillig innerhalb der Zulassungsfristen diesem Masterstudium zu unterstellen. Eine diesbezügliche schriftliche unwiderrufliche Erklärung ist an die Studienabteilung zu richten.

## Anhang I: Modulbeschreibungen

Modulbezeichnung	<b>Chemistry of Materials A</b>
Modulcode	STM 01
Arbeitsaufwand gesamt	5 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen die zentralen Inhalte von Synthese-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von anorganischen Materialien;</li> <li>• kennen die wichtigsten Synthesemöglichkeiten und Anwendungsgebiete anorganischer Materialien. Sie können diese wiedergeben und anwenden;</li> <li>• haben die Fertigkeit, sich ähnliche Inhalte selbstständig zu erarbeiten, sowie die materialchemischen Konzepte situationsgerecht anzuwenden;</li> <li>• sind in der Lage zur selbstständigen Durchführung materialchemischer Experimente und Übungen.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><b>VO Chemistry of Materials I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in typische Synthesemethoden anwendungsrelevanter anorganischer Materialien</li> <li>• Gasphasensynthesen (z.B. chemischer Transport, chemische Gasphasenabscheidung, CVI, Aerosol-Verfahren)</li> <li>• keramische Synthesen (z.B. Shake &amp; Bake, Thermit, Interkalation)</li> <li>• Synthesen aus der flüssigen Phase (z.B. Sol-Gel Prozesse, Hydrothermale Verfahren, etc.)</li> </ul> <p><b>VU Chemistry of Materials I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Nutzung von wissenschaftlichen Datenbanksystemen</li> <li>• Einführung in die Anwendung chemischer Zeichenprogramme</li> <li>• Durchführung einfacher Übungen zu materialchemischen Themen: Gläser, Sol-Gel Prozesse, Polymere</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	<p>STM 01.1 VO Chemistry of Materials I (3 ECTS)</p> <p>STM 01.2 VU Chemistry of Materials I (2 ECTS)</p>
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

Modulbezeichnung	<b>Physics of Materials</b>
Modulcode	STM 02
Arbeitsaufwand gesamt	5 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben Grundkenntnisse über Aufbau und Eigenschaften amorpher und kristalliner fester Körper;</li> <li>• kennen die Beschreibung der geometrischen und elektronischen Struktur von kristallinen und polykristallinen Festkörpern, Phononen und Wärmeleitung, elektrische Leitfähigkeit, sowie makroskopische Quantenphänomene wie z.B. Supraleitung, kollektiver Magnetismus und andere Formen elektronischer Selbstorganisation;</li> <li>• können die zunehmende Bedeutung von Funktionsmaterialien beschreiben und bewerten;</li> <li>• haben einen Überblick über Grundlagen und Ansätze zur Strukturierung der verschiedenen Materialklassen auf verschiedenen Größenskalen (nano bis makro);</li> <li>• kennen in Hinblick auf deren Einsatz in elektronischen, optischen, magnetischen und mechanischen Bauteilen die Vor- und Nachteile von Nanomaterialien im Vergleich zu ausgedehnten Festkörpern.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><b>VO Physics of Materials</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statik und Dynamik der Kristallgitter</li> <li>• elektronische Struktur von Festkörpern</li> <li>• Metalle, Halbleiter und Isolatoren</li> <li>• optische Nanomaterialien</li> <li>• kollektiver Magnetismus, Ferroelektrische und Multiferroische Ordnung</li> </ul> <p><b>VO Functional Materials</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanomaterialien in chemischer Industrie und Katalyse</li> <li>• Einsatz nanostrukturierter Materialien in Photovoltaik/ Solartechnologie und Photokatalyse; Plasmonische Strukturen</li> <li>• Nanomaterialien für Leuchtdioden und Display-Technologie</li> <li>• Sensoren, nanostrukturierte Batterien und Superkondensatoren</li> <li>• Poröse Materialien und Speichermedien</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	STM 02.1 VO Physics of Materials (3 ECTS) STM 02.2 VO Functional Materials (2 ECTS)
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

Modulbezeichnung	<b>Materials Characterization A</b>
Modulcode	STM 03
Arbeitsaufwand gesamt	4 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die in Industrie und Wissenschaft zur Materialcharakterisierung üblicherweise eingesetzten Diffraktions- und Streumethoden einschließlich der dazugehörigen theoretischen Grundlagen beschreiben;</li> <li>• können die Grenzen und Möglichkeiten der einzelnen Methoden hinsichtlich materialwissenschaftlicher Problemstellungen bewerten;</li> <li>• können bezüglich der jeweiligen materialwissenschaftlichen Fragestellung und der dazugehörigen experimentellen Anforderungen die richtige Methode auswählen;</li> <li>• können die Vor- und Nachteile der in Frage kommenden Methoden hinsichtlich des vorgesehenen Einsatzgebietes bewerten, um zu belastbaren analytischen Informationen von ausgewählten Materialsystemen zu gelangen;</li> </ul>
Modulinhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• klassische Beugungsmethoden mit Röntgen- und Neutronenstrahlung (Phasenbestimmung, Strukturverfeinerung, Spannungs- und Texturmessungen, Analyse dünner Schichten, Bestimmung von Magnetstrukturen in Theorie und Praxis)</li> <li>• Kleinwinkelstreuung</li> <li>• Fourier-Transformationsprinzip in der Diffraktion</li> <li>• Konzept periodischer (Symmetrie und Raumgruppen) und aperiodischer Kristalle (modulierte und inkommensurable Strukturen, Quasikristalle)</li> <li>• Theorie der Beugung, Strukturfaktorgleichung, Elektronendichte, Phasenproblem und Methoden der Strukturlösung</li> <li>• Erstellung von Phasendiagrammen</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	STM 03.1 VU Materials Characterization I (Scattering and Diffraction) (4 ECTS)
Prüfungsart	Modulprüfung



Modulbezeichnung	<b>Chemistry of Materials B</b>
Modulcode	STM 04
Arbeitsaufwand gesamt	5 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen die zentralen Inhalte von Synthese-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von polymeren Materialien;</li> <li>• kennen die wichtigsten Synthesemöglichkeiten und Anwendungsgebiete polymerer Materialien. Sie können diese wiedergeben und anwenden;</li> <li>• haben die Fertigkeit, sich ähnliche Inhalte selbstständig zu erarbeiten, sowie die materialchemischen Konzepte situationsgerecht anzuwenden;</li> <li>• sind in der Lage, unter Verwendung von Werkstoff-Datenbanken und Softwarewerkzeugen zum Werkstoffdesign (z.B. CES Materials Selection Software) unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte sowie unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit technische Werkstoffe zu bewerten.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><b>VO Chemistry of Materials II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von Polymeren</li> <li>• Abgrenzung zu anderen Gebieten</li> <li>• Grundlagen der Stufenwachstums- und Kettenwachstumsreaktion sowie Koordinationspolymerisation</li> <li>• Vorstellung der polymeren Stoffgruppen und deren Anwendungsgebiete</li> </ul> <p><b>VU Materials Selection</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Eigenschaftsraum von Werkstoffen</li> <li>• Design mechanischer Materialeigenschaften</li> <li>• Auswahl von Materialien mit multiplen Funktionalitäten</li> <li>• Struktur und Aufbau von Materialien auf verschiedenen Größenskalen</li> <li>• Materialdesign unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte und unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit</li> <li>• Auswahl von Materialien aus der Geo- und Biosphäre</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	STM 04.1 VO Chemistry of Materials II (2 ECTS) STM 04.2 VU Materials Selection (3 ECTS)
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

Modulbezeichnung	<b>Materials Characterization B</b>
Modulcode	STM 05
Arbeitsaufwand gesamt	9 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die im Zusammenhang mit der Elektronenmikroskopie und der thermischen Analyse eingesetzten Methoden einschließlich der dazugehörigen theoretischen Grundlagen beschreiben;</li> <li>• können die Grenzen und Möglichkeiten der einzelnen Methoden hinsichtlich materialwissenschaftlicher Problemstellungen bewerten;</li> <li>• können bezüglich der jeweiligen materialwissenschaftlichen Fragestellung und der dazugehörigen experimentellen Anforderungen die richtige Methode auswählen;</li> <li>• können die Vor- und Nachteile der in Frage kommenden Methoden hinsichtlich des vorgesehenen Einsatzgebietes bewerten, um zu belastbaren analytischen Informationen von ausgewählten Materialsystemen zu gelangen;</li> <li>• können die geeigneten analytischen Methoden so auswählen, dass sie zu komplementären Informationen bezüglich Zusammensetzung und Struktur von Materialien gelangen;</li> <li>• können die in Industrie und Wissenschaft zur Materialcharakterisierung üblicherweise eingesetzten spektroskopischen und elementanalytischen Methoden einschließlich der dazugehörigen theoretischen Grundlagen beschreiben.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><b>VU Materials Characterization II (Microscopy)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• optische Mikroskopie (Durchlicht, Auflicht)</li> <li>• Elektronenmikroskopie (Rasterelektronen- &amp; Transmissionselektronenmikroskopie)</li> <li>• Beugungsmethoden und mikroanalytische Messverfahren, die im Zusammenhang mit der Elektronenmikroskopie eingesetzt werden (Elektronenbeugung, Energie Dispersive Spektroskopie, etc. ...)</li> <li>• Rastersondenmikroskopie</li> </ul> <p><b>VO Materials Characterization III (Thermophysical Properties &amp; Thermal Analysis)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermogravimetrie</li> <li>• Differentialthermoanalyse (DTA)</li> <li>• Simultane thermische Analyse (STA)</li> <li>• Kalorimetrie (Adiabatisch, Lösungswärme, Relaxation, DSC)</li> </ul> <p><b>VU Materials Characterization IV (Elemental Analysis and Spectroscopy)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantentheorie und Spektroskopie: Symmetrie und Auswahlregeln, Übergangswahrscheinlichkeiten, Intensitäten, Linienbreiten</li> <li>• Fourier-Transformationsprinzip in der Spektroskopie</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomspektroskopie</li> <li>• Elektronenspektroskopie: Röntgenabsorptionsspektroskopie, Photoelektronenspektroskopie, UV-Vis-NIR Spektroskopie, Photolumineszenz</li> <li>• Schwingungsspektroskopie, Infrarot- und Ramanspektroskopie, Messmethoden (Transmission, Diffuse Reflexion und abgeschwächte Totalreflexion)</li> <li>• Massenspektroskopie</li> <li>• Magnetresonanzspektroskopie</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	<p>STM 05.1 VU Materials Characterization II (Microscopy) (3 ECTS)</p> <p>STM 05.2 VO Materials Characterization III (Thermophysical Properties &amp; Thermal Analysis) (2 ECTS)</p> <p>STM 05.3 VU Materials Characterization IV (Elemental Analysis and Spectroscopy) (4 ECTS)</p>
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

Modulbezeichnung	<b>Advanced Topics in Materials Science A (Profilierungsmodul lt. § 6)</b>
Modulcode	STM WM 07
Arbeitsaufwand gesamt	10 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können magnetische, optische, elektrische und mechanische Eigenschaften von Nanomaterialien erklären;</li> <li>• können den Einfluss von Größe, Form, Struktur und Zusammensetzung von Nanomaterialien auf deren funktionelle Eigenschaften beschreiben;</li> <li>• können wichtige Anwendungen der Nanotechnologie beschreiben und Entwicklungsfelder identifizieren;</li> <li>• können Grenzflächeneigenschaften und -phänomene (Energetik, Benetzung, Adhäsion, geladene Grenzflächen und kolloidale Systeme, etc.) mit physikalischen und chemischen Modellen beschreiben und erklären;</li> <li>• verstehen die Bedeutung der Energiespeicherung für die Energiewende und die grundlegenden Funktionsprinzipien, Vorteile und Herausforderungen CO<sub>2</sub>-neutraler Energiespeichersysteme wie Pumpspeicherkraftwerke, Superkondensatoren, Power-to-Gas, Power-to-Liquid und Batterien;</li> <li>• haben einen Überblick über die verschiedenen kohlenstoffbasierenden Werkstoffe, die dazugehörigen Herstellungstechnologien, sowie über die Verwendung von Kohlenstoff in Schlüsseltechnologien;</li> <li>• kennen typische Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren für Keramiken und wissen über ihren Einfluss auf die Werkstoffeigenschaften Bescheid;</li> <li>• besitzen grundlegende Einsichten hinsichtlich des Einflusses von chemischer Zusammensetzung, von Gefügestruktur und verschiedener Defektarten auf die funktionalen Eigenschaften der Keramik;</li> <li>• können Probleme und Fragen der Materialwissenschaften, die mithilfe rechnerischer Methoden gelöst werden können, identifizieren und rechnerische Lösungsstrategien entwerfen;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Bauprinzipien und Eigenschaften von biologischen Materialien;</li> <li>• können zwischen biologischen, biomimetischen und Biomaterial-Konzepten unterscheiden;</li> <li>• können Schlüsse für die Übertragung von Designprinzipien aus der Natur auf technische Werkstoffe ziehen;</li> <li>• verstehen Entstehung und Aufbau eines mineralischen Feststoffs und wissen seine Transformationsmöglichkeiten auf genetischer und struktureller Basis;</li> <li>• kennen die Bildungsbedingungen eines Minerals soweit, um darauf aufbauend neue Materialien im Labormaßstab darzustellen;</li> <li>• können verschiedene Minerale als Roh- und Werkstoffe bewerten;</li> <li>• können zwischen unterschiedlichen Ansätzen zur Energiespeicherung differenzieren;</li> <li>• können Konzepte zur Energiespeicherung hinsichtlich ihrer Materialintensität bewerten;</li> <li>• können die elektronische Bandstruktur idealisierter Festkörper verstehen und modellieren.</li> </ul>
<p>Modulinhalt</p>	<p><u>Themenschwerpunkte – Theorie:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grenzflächenbestimmte Prozesse in Natur und Technik</li> <li>• Thermodynamik der Grenzflächen</li> <li>• Thermodynamische und kinetische Aspekte von Grenzflächenprozessen: Adhäsion und Benetzung, Adsorption, elektrochemische Prozesse</li> <li>• Kolloidale Systeme (Stabilisierung und Koagulation)</li> <li>• Filmbildung und Beschichtungstechnologien</li> <li>• Chemie des Kohlenstoffs, Synthese und Anwendungen von porösem Kohlenstoff, Kohlenstofffasern, Graphit, Nanoröhrchen, Diamant, Nanodiamant, Graphen und von Fullerenen</li> <li>• Herstellung, Verarbeitung und Einsatzgebiete von Keramiken</li> <li>• optische, elektrische und magnetische Eigenschaften keramikrelevanter Verbindungsklassen</li> <li>• Pyro- und Piezoelektrika; keramische Werkstoffe für Ionenleiter, Sensoren und Magneten</li> <li>• Bauprinzipien biologischer Strukturen: molekulare Grundlagen, Selbstorganisation, Hierarchie an ausgewählten Beispielen (Holz, Knochen, etc.)</li> <li>• Einführung in die Bionik, biomimetische und bio-inspirierte Materialien</li> <li>• Einführung in medizinisch relevante Biomaterialien</li> <li>• biochemische Basistechniken wie Proteinbestimmung und -trennung, einfache Experimente zur Reinigung oder Charakterisierung von Lipiden, Kohlehydraten und Nukleinsäuren, sowie Messung von Enzymkinetiken</li> <li>• genetische Mineralbildungsmilieus: magmatische, sedimentäre und metamorphe Erz- und Mineralbildungen, Lagerstätten und industrielle Nutzung, Mineralumwandlungen und Neubildung durch geogene Einflüsse (z.B. Verwitterung)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturchemie der Sulfide, Karbonate, Borate, Halogenide, physikalische Eigenschaften und industrielle Relevanz</li> <li>• Methodik moderner Rechenmethoden mit Anwendung in den Materialwissenschaften</li> <li>• Batterien, Power to gas und andere Energiespeicherkonzepte</li> </ul> <p><u>Laborpraktikum – Materialsynthese (Herstellung und Charakterisierung):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poröse Materialien (Zeolithe, mesoporöse Stoffe, Schäume)</li> <li>• Gold Nanopartikel, Polymere, Beschichtungen, Legierungen, Keramiken</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	<p>STM WM 07.1 VO Interface Science and Engineering (2 ECTS)          STM WM 07.2 VO Carbon Materials (2 ECTS)          STM WM 07.3 VU Functional Ceramics (3 ECTS)          STM WM 07.4 PR Materials Synthesis (Lab Course) (6 ECTS)          STM WM 07.5 VO Biomaterials (2 ECTS)          STM WM 07.6 VO Mineralogy II (2 ECTS)          STM WM 07.7 VO Energy Storage (2 ECTS)          STM WM 07.8 VU Modeling I (4 ECTS)</p> <p>Weitere wählbare Lehrveranstaltungen können einer ortsüblich und semesteraktuell angekündigten Lehrveranstaltungsliste entnommen werden.</p>
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

Modulbezeichnung	<b>Advanced Topics in Materials Science B (Profilierungsmodul lt. § 6)</b>
Modulcode	STM WM 08
Arbeitsaufwand gesamt	10 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Eigenschaften der Grenzfläche zwischen Nanomaterialien und biologischen Systemen sowie relevante Grenzflächenprozesse zu beschreiben;</li> <li>• die in Industrie und Wissenschaft zur Charakterisierung von Grenzflächen üblicherweise eingesetzten Methoden einschließlich ihrer theoretischen Grundlagen zu beschreiben;</li> <li>• Strategien zur systematischen Manipulation bestimmter Materialeigenschaften zu entwickeln;</li> <li>• die Grundzüge des Immaterialgüterrechtes insbesondere im Bereich Erfindungen und Patente zu diskutieren.</li> </ul> <p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben einen Überblick über geogene Materialien und über die wichtigsten industriell nutzbaren Minerale und können diese gemäß gängiger Klassifizierungen differenzieren;</li> <li>• kennen die strukturellen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Mineralgruppen und können technologisch relevante strukturelle Topologien identifizieren;</li> <li>• können verschiedene Minerale als Roh- und Werkstoffe bewerten;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die wichtigsten Schritte der Primär- und Sekundärrohstoffgewinnung und -aufbereitung;</li> <li>• kennen Lebenszyklen von Materialien und verstehen die Notwendigkeit für die Entwicklung effizienter Materialien;</li> <li>• können Ecodaten von Materialien erheben und eine Materialauswahl nach Nachhaltigkeitskriterien vornehmen;</li> <li>• sind in der Lage, ausgewählte Methoden zur Herstellung und Charakterisierung funktionaler Materialien anzuwenden;</li> <li>• können Probleme und Fragen der Materialwissenschaften, die mithilfe rechnerischer Methoden gelöst werden können, identifizieren und rechnerische Lösungsstrategien entwerfen.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><u>Themenschwerpunkte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geometrische und elektronische Struktur von Oberflächen</li> <li>• instrumentelle Methoden zur Oberflächencharakterisierung</li> <li>• Systematik und Strukturchemie der Silikate und Oxide, Aufbau und Strukturbeziehungen zwischen einzelnen Materialgruppen und der daraus folgenden technologisch relevanten Eigenschaften</li> <li>• Minerale als industrielle Rohstoffe (Erze für Metalle, Steine und Erden, Baustoffindustrie) sowie als Basis für Werkstoffe in Hochtechnologie, Industrie und Forschung (z.B. Zeolithe, Perowskite, und Granate)</li> <li>• chemische und physikalische Herausforderungen bei der Erstellung neuer Ansätze zur Nutzung primärer und sekundärer Rohstoffquellen</li> <li>• Trends und Herausforderungen bei Trenntechnologien</li> <li>• nachhaltige rohstoff- und energiebewusste Entwicklung von Materialien, Bedeutung von Ecodaten und Life cycle assessments, ökologisch orientierte Materialauswahl</li> <li>• Methodik moderner Rechenmethoden mit Anwendung in den Materialwissenschaften</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	<p>STM WM 08.1 VO Surface Characterization Techniques (1 ECTS)                  STM WM 08.2 VO Intellectual Property Rights (1 ECTS)                  STM WM 08.3 VO Mineralogy I (2 ECTS)                  STM WM 08.4 PR Materials &amp; Sustainability I (6 ECTS)                  STM WM 08.5 VO Geomaterials (2 ECTS)                  STM WM 08.6 VO Resource Management, Recovery and Recycling (2 ECTS)                  STM.WM 08.7 VU Modeling II (4 ECTS)</p> <p>Weitere wählbare Lehrveranstaltungen können einer ortsüblich und semesteraktuell angekündigten Lehrveranstaltungsliste entnommen werden.</p>
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

Modulbezeichnung	<b>TUM Schwerpunktmodul A Garching (Functional and Structural Materials) (lt. § 6 wählbares Modul)</b>
Modulcode	STM WM 09
Arbeitsaufwand gesamt	30 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Fähigkeit zu entwickeln, strukturelle Gesundheitsüberwachung (SHM) von zerstörungsfreien Prüfungen zu unterscheiden und zu bewerten, welcher Ansatz für die spezifische Überwachungsanwendung am besten geeignet ist.</li> <li>• die grundlegenden Annahmen und Einschränkungen von SHM zu internalisieren.</li> <li>• verschiedene Prozesse der additiven Fertigung mit Kunststoffen zu verstehen und die fundamentalen Mechanismen der additiven Bauteilerzeugung für die unterschiedlichen Prozesse zu unterscheiden. Sie sind in der Lage, für die jeweilige Anwendung das geeignete Verfahren in Kombination mit dem entsprechenden Werkstoff abzuleiten.</li> <li>• unterschiedliche Methoden und Aspekte der computergestützten Werkstoffwissenschaft zu erklären, einschließlich der skalenübergreifenden Werkstoffmodellierung, Werkstoffinformatik sowie einiger gängiger Modellierungstheorien, basierend auf den Grundlagen der Quantenchemie, Thermodynamik, Festkörperphysik und Werkstoffkunde.</li> <li>• zwischen den unterschiedlichen Modellierungsmethoden zu unterscheiden und diese auf eine gegebene Problemstellung anzuwenden. Sie können einfache Berechnungen der Grundmaterialeigenschaften mithilfe der erlernten Methoden durchzuführen, wichtige Einflussparameter zu erkennen und die Ergebnisse zu beurteilen.</li> <li>• die grundlegende Theorie hinter der Technik der Topologieoptimierung zu verstehen und Topologieoptimierungsprobleme für relevante Anwendungen zu formulieren.</li> <li>• Topologieoptimierungsprobleme mit numerischen Methoden zu lösen.</li> <li>• die Bedeutung der Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit zu verstehen, die Grundlagen nachhaltiger Produktion zu erfassen, die möglichen technischen Hebel in einer Produktion zu bewerten, die zur Steigerung der Nachhaltigkeit eingesetzt werden können, Produkte im Hinblick auf die Möglichkeiten einer nachhaltigeren Produktion zu analysieren, das Konzept des Systemdenkens auf die nachhaltige Produktion anzuwenden und Methoden zur Messung der Nachhaltigkeit anzuwenden.</li> <li>• die Prinzipien des Tissue Engineering und der regenerativen Medizin zu verstehen, die bestehenden Strategien sowie deren spezifische Vor- und Nachteile zu bewerten und Tissue-Engineering-Prinzipien zur Lösung medizinischer Probleme, die die Regeneration von Gewebe erfordern, anzuwenden.</li> <li>• Verständnis für die Begründung des Einsatzes von Zellen, Biomaterialgerüsten, biochemischer und mechanischer Stimulation für die (Re-)Generierung von Geweben und Organen in vitro und in vivo zu demonstrieren; Kenntnisse über aktuelle klinische Anwendungen für verschiedene Organe und Gewebe zu besitzen, aktuelle Herausforderungen im Bereich TERM zu analysieren und regulatorische Überlegungen zu formulieren.</li> <li>• wichtige Begriffe sowie die Aufgaben der zerstörungsfreien Prüfung zu definieren. Sie verstehen die physikalischen Hintergründe der Prüfverfahren auf Basis elastischer und elektromagnetischer Wellen und die grundlegende Funktionsweise der entsprechenden Prüfgeräte. Darüber hinaus sind sie in der Lage, die für das jeweilige zerstörungsfreie Prüfverfahren relevanten Materialeigenschaften zu benennen und die Prüfverfahren an verschiedenen Materialien und Bauteilgeometrien selbstständig anzuwenden. Sie können komplexe Prüfsituationen hinsichtlich Bauteilgeometrie,</li> </ul>

	<p>Materialeigenschaften und Umgebungsbedingungen analysieren und ein für die jeweilige Prüfsituation geeignetes Verfahren auswählen sowie die Ergebnisse der Experimentalarbeiten auswerten und Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Verfahren einschätzen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine Composite-Struktur zu entwerfen und zu entwickeln. Sie verstehen die unterschiedlichen Anforderungen an eine Composite-Struktur und die zugehörigen Auslegungskonzepte. Sie legen besonderes Augenmerk auf die integrale Berücksichtigung aller fertigungstechnischen, konstruktiven und belastungsrelevanten Anforderungen und wenden dementsprechend auch unterschiedliche Bauweisen (integral, differential; Volllaminat, Sandwich) an. Sie können eine Vorauslegung und eine detaillierte FE-Analyse auf Basis der Klassischen Laminattheorie durchführen. Absolvent:innen sind in der Lage, Fertigungsdefekte und In-Service-Defekte zu bewerten und Reparaturen dafür zu erarbeiten, ebenso wie eine Optimierung der Faserverbundstruktur durchzuführen.</li> <li>• Unterschiede zwischen den Ausgangsmaterialien und deren Herstellung bzw. Weiterverarbeitung zu Komponenten zu verstehen und Faser- bzw. Matrixmaterialien anhand ihres mechanischen Eigenschaftsprofils und ihrer Kostenstruktur auszuwählen und zu bewerten. Sie können unterschiedliche Verarbeitungstechnologien in der Textil- und Infusionstechnik beschreiben und nach technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten evaluieren. Außerdem können sie die Potenziale der Faserverbundwerkstoffe erkennen und die Möglichkeiten innerhalb der Verarbeitungsprozesskette einschätzen und neue Herstellkonzepte auf Bauteilebene entwerfen.</li> <li>• Aspekte gelungener Präsentationen zu benennen und diese auf die eigene Präsentation anzuwenden; Elemente des Storytellings auf eigene Präsentationen anzuwenden und verschiedene Kommunikationsmodelle zu verstehen.</li> <li>• die eigene Haltung in Gesprächen zu analysieren und bei Bedarf anzupassen und verschiedene Techniken zur Gesprächsführung und Konfliktlösung zu erklären und situationsgerecht anzuwenden.</li> <li>• die verschiedenen Teamphasen zu unterscheiden und in ihnen situationsgerecht zu handeln. Die eigenen Kompetenzen aus den Bereichen Präsentieren, Kommunikation und Teamarbeit zu reflektieren und weiterzuentwickeln.</li> </ul>
<p>Modulinhalt</p>	<p><b>Introduction to Structural Health Monitoring (VU)</b>                  Structural health monitoring (SHM) bezeichnet die automatisierte und kontinuierliche Überwachung von Bauwerken des Bau- und Maschinenwesens, einschließlich Hochhäusern, Brücken, Offshore-Plattformen, Kraftwerken, Flugzeugen und Raumfahrzeugen.</p> <p>Die Lehrveranstaltung gliedert sich in sieben ausgewählte Themen, die von Klassenübungen und Hausaufgaben begleitet werden:                  1) Grundlegende Aufgaben und Verfahren, 2) Ingenieurmodelle, 3) Datenerfassung und -verarbeitung, 4) Merkmalsextraktion, 5) Schadensdiagnose basierend auf Daten, 6) Schadensdiagnose basierend auf digitalen Zwillingen, 7) Umwelt- und betriebliche Auswirkungen</p> <p><b>Additive Fertigung mit Kunststoffen (VU)</b>                  Die Lehrveranstaltung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Additiven Fertigungsverfahren mit Kunststoffen. Dabei werden die Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Laser-Sintern</li> <li>- Materialextrusion</li> <li>- Stereolithographie</li> <li>- Binder Jetting</li> </ul> <p>hinsichtlich deren Ausgangswerkstoffe, physikalischer Bindungsmechanismen und resultierenden Bauteileigenschaften analysiert. Beginnend mit der</p>



Herstellung der jeweiligen Ausgangswerkstoffe (Pulver, Filamente und Photopolymere), über das additive Grundprinzip, inklusive physikalischer Wirkmechanismen, bis hin zur Ableitung von Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen werden die einzelnen additiven Verfahren im Detail besprochen. Werkstofflich werden nicht ausschließlich reine Kunststoffe, sondern auch Verbundwerkstoffe adressiert. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen wird das grundlegende Wissen vertieft und Auslegungskriterien abgeleitet.

#### **Werkstoffe in der Fügetechnik und Additiven Fertigung (VU)**

Die Lehrveranstaltung vermittelt einen Überblick über das Verhalten metallischer Werkstoffe beim Fügen und der additiven Fertigung. Behandelt wird der thermische Zyklus und dessen Einfluss auf die Materialeigenschaften bei metallischen Werkstoffen und Legierungen. Des Weiteren werden werkstoff-spezifische Herausforderungen und deren Ursachen besprochen.

- Thermische Wirkung, thermischer Zyklus von Wärmequellen
- Fügbarkeit
- Wechselwirkung zwischen Wärmequelle und Werkstoff
- Wärmeeinflusszone, Epitaxie, Kornfeinung/-vergrößerung
- Diffusion
- Mechanismen von Heiß- und Kaltrissen, andere Fertigungsfehler
- Besonderheiten der additiven Fertigung von metallischen Werkstoffen

#### **Einführung in das rechnergestützte Werkstoffdesign 1 (VU)**

Modellierung und Simulation sind ein wichtiger Bestandteil der modernen Materialwissenschaft. Mit Hilfe von Berechnungsmethoden und entsprechenden Theorien können die Eigenschaften von Werkstoffen aus den Grundlagen berechnet werden, was ihre Entwicklung für zukünftige Anwendungen ermöglicht. Ziel dieser Lehrveranstaltungsreihe ist es, einen Einblick in die spannende Welt der rechnergestützten Materialwissenschaft zu geben und das Verständnis zu vermitteln, wie sie für das Materialdesign genutzt werden kann. Die Vermittlung des gesamten Stoffes erstreckt sich über zwei Semester: In dieser Lehrveranstaltung (Wintersemester) werden die Themen der nano-skalaren Werkstoffsimulation adressiert:

- Einführung in die rechnergestützte Materialwissenschaft, d.h. Modellierung über die Längenskalen
- Berechnungen grundlegender Materialeigenschaften (mit Hilfe der Dichtefunktionaltheorie)
- Umgang mit Werkstoffdatenbanken und Grundprinzipie der Werkstoffinformatik
- Thermodynamische Modellierung basierend auf dem CalPhaD-Ansatz

#### **Topologie Optimierung (PR)**

Das Praktikum soll ein ganzheitliches Verständnis dafür vermitteln, wie man die Technik der Topologieoptimierung einsetzt und die Ergebnisse effektiv interpretiert. Dies geschieht anhand der folgenden Inhalte.

1. Grundlegende Theorie hinter der Topologieoptimierung
2. Methoden zur Formulierung von Topologieoptimierungsproblemen
3. Praktische Anwendung numerischer Programmiermethoden zur Lösung der Probleme
4. Techniken zur Interpretation und Nutzung der Ergebnisse

#### **Nachhaltige Produktion (VU)**

Die Lehrveranstaltung deckt alle relevanten Aspekte zum Thema "Nachhaltige Produktion" ab, einschließlich eines allgemeinen Überblicks, Möglichkeiten der Bewertung von Nachhaltigkeit und Methoden zur Verbesserung der Nachhaltigkeit im industriellen Kontext.

Vorlesungseinheiten:

- Sinn für Dringlichkeit: Warum müssen wir jetzt handeln?
- Nachhaltigkeit im Kontext der Fertigung
- ganzheitliches Denken in Bezug auf Nachhaltigkeit
- fertigungstechnische Maßnahmen
- Bewertung, Messung und Standardisierung der Nachhaltigkeit in der Fertigung

- nachhaltige Gestaltung und Nutzung von Produkten
- Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion
- soziale Nachhaltigkeit in der Produktion
- datenbasierte Nachhaltigkeitsbewertung in der Produktion
- industrielle Kreislaufwirtschaft

Die Lehrveranstaltung umfasst auch Übungseinheiten, z.B. wie man eine Ökobilanz durchführt, wie man ISO 14001 für Nachhaltigkeitsbewertungen befolgt, praktische Übung zum Systemdenken, Gruppenaktivität (Entwicklung von Vorschlägen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit für ein Beispielunternehmen).

### **Tissue Engineering and Regenerative Medicine (VU)**

Tissue Engineering und regenerative Medizin (TERM) ist ein schnell wachsendes Feld, das einige der größten Herausforderungen im Gesundheitswesen angeht. Diese resultieren aus der menschlichen Unfähigkeit, erkrankte oder verlorene Gewebe und Organe zu regenerieren. Die Biofabrikation von lebenden Geweben und Organen kann potenziell Probleme wie Spenderknappheit und zunehmende Wartelisten für Organtransplantationen lösen, den Mangel an Geräten, die mit pädiatrischen Patienten mitwachsen können, und das Fehlen von Therapien für bislang unbehandelte Krankheiten. Darüber hinaus können bioengineered menschliche Gewebe und Organe als Modelle für Krankheitsmodellierung und Medikamententests dienen, mit dem Vorteil, dass sie vorhersagbarer für die menschliche Reaktion als Tiermodelle sind und das zusätzliche Potenzial haben, die Anzahl der für präklinische Tests erforderlichen Tiere zu reduzieren.

Dieser Kurs wird den Studierenden die Grundlagen vermitteln, um zu verstehen, wie die Konvergenz verschiedener Disziplinen wie Ingenieurwesen, Biologie, Materialwissenschaft und Medizin zu neuen therapeutischen Lösungen führen und transformative Auswirkungen auf die zukünftige Gesundheitsversorgung haben kann.

Der Kurs „Tissue Engineering and Regenerative Medicine“ wird ein allgemeines Verständnis für Gewebewachstum und -entwicklung sowie die Werkzeuge und theoretischen Informationen vermitteln, die notwendig sind, um Gewebe und Organe zu entwerfen. Speziell werden die folgenden Themen in diesem Modul behandelt (Änderungen vorbehalten):

- Prinzipien des Tissue Engineering
- Gerüste: Materialien und Charakterisierung
- Gerüstedesign, Biomimetik
- Biofabrikationstechnologie
- Zellquelle, Isolation, Wachstum, Differenzierung
- Bioreaktortechnologie (von Mikrofluidik bis zu Ganzorgan-Bioreaktoren)
- Mechanische Belastung und Kulturbedingungen
- Gewebe-/Organentwurf und -entwicklung
- Gewebeanalyse und -charakterisierung
- aktuelle Anwendungen (z.B. kardiovaskuläres, Knochen-, Haut-, Nerven-, Muskelgewebe-Engineering usw.)
- Zelltherapie
- regulatorische und ethische Überlegungen
- translationale Ansätze für die klinische Anwendung

### **Zerstörungsfreie Prüfung für Ingenieure (PR)**

Die Präsenzphase setzt sich aus einer Einführungsveranstaltung und sechs Themengebieten zusammen, wobei zu jedem Themengebiet eine Vorlesung, eine Übung und ein Laborversuch mit einem separaten Betreuer stattfindet. Die Themengebiete umfassen folgende Verfahren:

- Ultraschallprüfung
- Luftultraschallprüfung
- Schallemissionsanalyse
- optische Lock-in Thermographie
- Computertomographie
- Bodenradar

	<p><b>Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen (VU)</b> Einführung/Motivation (Überblick über den Bauteilentwurf und -entwicklung anhand von einem Demonstrator-Bauteil); Klassische Laminattheorie und Versagenskriterien für First Ply Failure; Auslegungsphilosophie (Sicherheitskonzept, Lastfälle, Lastfaktoren, Steifigkeit, Festigkeit); Composite-Bauweisen (Grundregeln, Materialauswahl, Anwendungsbereiche und Anforderungen, Fertigungsanforderungen); Vorauslegung (analytische und FE Rechnungen); Konstruktionssystematik (Methodik, Schnittstellen zur Simulation, Ply-Book); Verbindungstechnik: Kleben, mechanisch; Effects of Defects: Beurteilung von Fertigungsdefekten und In-Service Defekten und Reparatur (Schadensbilder, Beurteilung, Repair-Technologien, Simulation, Instandhaltung); Testing (Testpyramide, Coupon-, Sub-Komponenten, Full-Scale-Tests); Lebensdauerbetrachtung; Optimierung der Faserverbundstruktur; Entwicklung einer Composite Struktur beispielhaft anhand von Demonstrator -Bauteil.</p> <p><b>Faser-, Matrix- und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften (VU)</b> Einführung/Motivation (Überblick über Materialien und deren Einsatzgebiete bzw. Marktentwicklung); Ausgangsmaterialien und Herstellung unterschiedlicher Fasern (Carbon, Glas, Aramid, mineralische und Naturfasern) und Matrixwerkstoffe (Duromer, Thermoplast) und deren spezifische Eigenschaften; Beschreibung der Faser/Matrixanbindung und Bedeutung der Faseroberflächenvorbehandlung; Charakterisierung phys./chemischer und mechanischer Eigenschaften der Verbundwerkstoffe; Klassische Laminattheorie und Versagenskriterien für First Ply Failure im Überblick; Verarbeitung von Fasern zu Faserhalbzeugen; Überblick Textiltechnik zur Preformherstellung und Einführung in die Flüssigharzinfusionsverfahren.</p> <p><b>Schlüsselkompetenzen für eine erfolgreiche Zukunft (SE)</b> Im Seminar beschäftigen sich die Studierenden mit den Themen Präsentieren, Kommunikation und Teamarbeit als Grundlagenkompetenzen für Studium und Arbeitsleben. Sie lernen verschiedene Aspekte der genannten Themen kennen und erarbeiten sich diese in interaktiven Übungen. Im Bereich Präsentieren lernen die Teilnehmenden verschiedene Aspekte einer gelungenen Präsentation (z.B. Körpersprache, Stimme, Visualisierung) sowie die Methode des Storytellings kennen und wenden dieses Wissen anschließend in einer eigenen Präsentation an. Im Bereich Kommunikation setzen sich die Teilnehmenden mit ihrer eigenen Haltung in Kommunikationsprozessen auseinander. Sie lernen verschiedene Kommunikationsmodelle kennen und erlernen Techniken, die es ihnen ermöglichen, in verschiedenen (Konflikt-)Situationen adäquat zu kommunizieren.  Im Bereich Teamarbeit beschäftigen sich die Teilnehmenden mit dem Teamphasenmodell nach Tuckman und analysieren diese hinsichtlich der eigenen Kommunikations- und Handlungsmöglichkeiten. Sie setzen sich mit den verschiedenen Aspekten der Kompetenz Teamfähigkeit auseinander. Auf dieser Grundlage erhalten sie die Möglichkeit, ihre eigene Teamfähigkeit zu reflektieren und weiterzuentwickeln. Über das gesamte Seminar hinweg haben die Studierenden die Möglichkeit, durch eine kontinuierliche Reflexion der eigenen Werte, Einstellung und Fähigkeiten das eigene Kompetenzprofil weiterzuentwickeln.</p>
Lehrveranstaltungen	<p>STM WM 09.1 VU Introduction to Structural Health Monitoring (3 ECTS) STM WM 09.2 VU Additive Fertigung mit Kunststoffen (5 ECTS) STM WM 09.3 VU Werkstoffe in der Fügetechnik und Additiven Fertigung (5 ECTS) STM WM 09.4 VU Einführung in das rechnergestützte Werkstoffdesign 1 (5 ECTS) STM WM 09.5 PR Topologie Optimierung (4 ECTS) STM WM 09.6 VU Nachhaltige Produktion (5 ECTS)</p>

	<p>STM WM 09.7 VU Tissue Engineering and Regenerative Medicine (5 ECTS)</p> <p>STM WM 09.8 PR Zerstörungsfreie Prüfung für Ingenieure (4 ECTS)</p> <p>STM WM 09.9 VU Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen (5 ECTS)</p> <p>STM WM 09.10 VU Faser-, Matrix- und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften (5 ECTS)</p> <p>STM WM 09.11 SE Schlüsselkompetenzen für eine erfolgreiche Zukunft (2 ECTS)</p> <p>Weitere wählbare Lehrveranstaltungen können einer ortsüblich und semesteraktuell angekündigten Lehrveranstaltungsliste entnommen werden.</p>
Prüfungsart	Teilprüfungen über Schwerpunktmodule (Modulprüfungen)

Modulbezeichnung	<b>TUM Schwerpunktmodul B Garching (Functional and Structural Materials) (lt. § 6 wählbares Modul)</b>
Modulcode	STM WM 10
Arbeitsaufwand gesamt	30 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen sind in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Prozesse der Additiven Fertigung mit Metallen zu verstehen. Die Studierenden können die fundamentalen Mechanismen der additiven Bauteilerzeugung für die unterschiedlichen Prozesse unterscheiden. Sie können für die jeweilige Anwendung das geeignete Verfahren in Kombination mit dem jeweiligen Werkstoff ableiten.</li> <li>• Konstruktions- und Produktionsrichtlinien für die Additive Fertigung anzuwenden. Sie verstehen den Prozess der Topologieoptimierung und des Reverse Engineerings zur Verbesserung bestehender Produktlösungen und können Bauteile selbstständig optimieren und auf additiven Anlagen fertigen.</li> <li>• einen ganzheitlichen Ansatz zur fachgerechten Werkstoffauswahl zu verstehen. Sie sind befähigt, unterschiedliche Rahmenbedingungen zu quantifizieren, systematisch geeignete Werkstoffe für individuelle Beanspruchungen und Anwendungen auszuwählen sowie die Werkstoffauswahl-Software "Granta Design" zu nutzen.</li> <li>• eigenständig Simulationsmodelle zu den verschiedenen Problemstellungen zu erstellen, die Simulationen durchzuführen und die Ergebnisse der Simulationen in die Praxis zu übertragen. Dadurch sind Absolvent:innen in der Lage, verschiedenste Prozessschritte simulativ zu untersuchen und entsprechend zu bewerten.</li> <li>• die in Natur und Technik auftretenden Strukturen mit einfachen Modellen zu approximieren. Die Studierenden erlernen die Modellierungstechniken anhand in der Luft- und Raumfahrt eingesetzten FEM-Simulationstools. Die Studierenden sollen beim Abschluss des Moduls in der Lage sein, eine technische Problemstellung im Eigenstudium oder mit Anleitung im Rahmen einer Studienarbeit zu approximieren, zu bewerten und eigenständige Modellierungsvorschläge zu erstellen.</li> <li>• grundlegende Methoden der KI abzurufen und gegenüberzustellen, zentrale Herausforderungen in der Umsetzung datengetriebener Ansätze zu identifizieren, Lösungskonzepte für industrielle Anwendungen zu diskutieren und zu generalisieren und Konzepte</li> </ul>

	<p>zur Wissensgewinnung aus Produktions- und Prozessdaten zu entwerfen.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• die Funktionsprinzipien von Bioprinting-Technologien zu verstehen, die bestehenden Bioprinting-Technologien und ihre spezifischen Vor- und Nachteile zu bewerten, ein Verständnis für die Designkriterien von Bioinks zu demonstrieren und Bioink-Spezifikationen für Bioprinting-Technologien und Anwendungsbereiche zu formulieren, Methoden zur Beurteilung der Lebensfähigkeit und Proliferation von Zellen zu beschreiben, aktuelle Herausforderungen auf dem Gebiet der Biofabrikation zu analysieren, sowie regulatorische Überlegungen für Prozesse und Produkte zu formulieren.</li><li>• unterschiedliche Methoden und Aspekte der computergestützten Werkstoffwissenschaft zu erklären. Unter anderem beinhaltet dies die skalenübergreifende Werkstoffmodellierung, Werkstoffinformatik sowie einige der gängigen Modellierungstheorien basierend auf den Grundlagen der Thermodynamik, Festkörperphysik und Werkstoffkunde. Die Studierenden können zwischen den unterschiedlichen Modellierungsmethoden unterscheiden und diese auf eine gegebene Problemstellung anwenden. Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Berechnungen der Mikrostrukturentwicklung wie z.B. die Ausscheidungskinetik im Festkörper, die Rekristallisation- und Kornwachstumprozesse mithilfe der erlernten Methoden durchzuführen, wichtige Einflussparameter zu erkennen und die Ergebnisse zu beurteilen.</li><li>• das mechanische und physikalische Verhalten von Holz, Holzprodukten und Biowerkstoffen in Bezug auf Struktur und Eigenschaften zu verstehen. Sie können diese in Bezug zu möglichen Produkten und Produktanwendungen in Umgebungen setzen, die durch mechanische und physikalische Belastungen, Temperatur und relative Feuchtebedingungen gekennzeichnet sind.</li><li>• Methoden zur Modellierung und Analyse von Holz und biobasierten Werkstoffen in ingenieurtechnischen Anwendungen über mehrere Skalen hinweg anzuwenden, sowie skalenübergreifende Ansätze im Hinblick auf Problemanalyse und Modellierungsentscheidungen in Beziehung zu setzen und zu beurteilen.</li><li>• experimentelle Techniken (sowohl zerstörend als auch nicht zerstörend) auszuwählen und Versuchsanordnungen zur Bestimmung wesentlicher Eigenschaften von Werkstoffen und daraus hergestellten Produkten zu konzipieren. Auf dieser Grundlage können die Studierenden neue Werkstoffe und Produkte entwerfen und vorhersagen, wie sich diese Produkte in einer vordefinierten Umgebung und unter bestimmten Belastungsbedingungen verhalten werden.</li><li>• das Verhalten ausgewählter metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten, zu erklären. Sie kennen verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung dieses Verhaltens und der sich ergebenden Eigenschaften. Sie sind in der Lage, diese Versuche systematisch durchzuführen sowie die Ergebnisse auszuwerten, zu dokumentieren und kritisch zu diskutieren. Anhand der Resultate können sie das Verhalten unterschiedlicher Werkstoffe bewerten.</li><li>• die Grundgleichungen der Kontinuumsmechanik zu verstehen und sie für eindimensionale Kontinua analytisch zu lösen, die Finite Elemente (FE) Methode auf elastische und ratenunabhängige elastoplastische Probleme anzuwenden, sowie Ergebnisse von FE-Simulationen auf Richtigkeit zu überprüfen.</li></ul>
--	--

Modulinhalt	<p><b>Additive Fertigung mit Metallen (VU)</b> Die Lehrveranstaltung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Additiven Fertigungsverfahren mit Metallen. Dabei werden die Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Binder Jetting</li><li>- Materialextrusion</li><li>- Direct Energy Deposition</li><li>- Powder Bed Fusion</li></ul> <p>hinsichtlich deren Ausgangswerkstoffe, physikalischer Bindungsmechanismen und resultierenden Bauteileigenschaften analysiert. Beginnend von der Herstellung der jeweiligen Ausgangswerkstoffe (Pulver und Filamente), über das additive Grundprinzip, inklusive physikalischer Wirkmechanismen, bis hin zur Ableitung von Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen werden die einzelnen additiven Verfahren im Detail besprochen. Zusätzlich werden industriell relevante Themen wie die Qualitätssicherung im Bereich der metallischen additiven Fertigung besprochen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch Inhalte im Bereich der Simulation von additiven Fertigungsprozessen. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen wird das grundlegende Wissen vertieft und Auslegungskriterien abgeleitet.</p> <p><b>Konstruktion für die additive Fertigung (PR)</b> Das Praktikum bietet eine praktische Einführung in das Bauteil-Design für die Additive Fertigung sowie in die angewandte Topologieoptimierung von Bauteilen für die Additive Fertigung. Im Weiteren werden die Grundzüge von Reverse Engineering erklärt. Die Studierenden erlernen Konstruktionsrichtlinien für die Additive Fertigung sowie die Grundsätze der Photogrammetrie und wenden diese an. Im Weiteren werden bestehende Produktlösungen gescannt und in STL-files überführt. Innerhalb einer CAD-Umgebung werden die Bauteile hingehend ihrer Topologie optimiert und neugestaltet. Ausgewählte Ergebnisse werden mit Additiv-Technologien wie z.B. Material Extrusion, Stereolithographie oder Powder Bed Fusion gefertigt.</p> <p><b>Werkstoffauswahl (VU)</b> Die Lehrveranstaltung vermittelt einen Überblick über einen systematischen Ansatz der Werkstoffauswahl. Behandelt werden Fragestellungen bezüglich der Notwendigkeit einer Werkstoffauswahl, die Ableitung von Werkstoffindizes (Quantifizierung der Randbedingungen) als Beurteilungskriterium für Kandidatenwerkstoffe, sowie typische Anwendungsbeispiele.</p> <p><b>Simulation of Composites (PR)</b> In diesem Praktikum werden theoretische Grundlagen der Simulation in praktischen Beispielen und durch selbstständige Arbeit vertieft. Dabei wird im Besonderen auf die Relevanz der Simulation der Fertigungsprozesskette von CfK-Bauteilen eingegangen. Einzelne Lehrinhalte sind u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Mikro-/ Mesomechanik</li><li>- Klassische Laminattheorie</li><li>- Versagsmodellierung</li><li>- Preform-Simulation</li><li>- Liquid Composite Moulding Simulation</li><li>- Process-induced Defomations Simulation</li><li>- Struktursimulation</li><li>- fertigungsgerechte Optimierung</li></ul> <p><b>Finite Elemente Methode (FEM) mit Schwerpunkt Luft- und Raumfahrtstrukturen (PR)</b></p>
-------------	---

- (Kurze) Einführung in die theoretischen Grundlagen der Finite Elemente Methode in Statik und Dynamik.
- Modellbildung mit FEM aus der inhaltlichen Aufgabenstellung der Luft- und Raumfahrt / Untersuchungsgegenstand verstehen.
- Zu beachtende Regeln u. Techniken sowie das Umgehen mit in der Luft- und Raumfahrt gängigen FEM Tools (ANSYS, NASTRAN, ABAQUS, HYPERWORKS) kennen lernen.
- Erste Fertigkeiten üben, wie Modellierung von einfachen statischen und dynamischen Problemstellungen.
- Die Bedeutung der Ergebnisinterpretation und deren Rückkopplung auf Modellbildung und Parametervariation kennen und verstehen lernen, z.B. an komplexeren (vorgegebenen) Modellen aus der Luft- und Raumfahrt.

#### **KI in der Produktionstechnik (VU)**

In dieser Lehrveranstaltung werden grundlegende Methoden der Künstlichen Intelligenz, deren Einsatz für produktionstechnische Anwendungen sowie Grundlagen der Domäne Produktionstechnik vermittelt. Die Potenziale und Grenzen datengetriebener Ansätze werden anhand des Prozesses des Knowledge Discovery in Databases (KDD) erläutert und an industriellen Fallbeispielen auf allen Ebenen der Produktionshierarchie diskutiert.

Inhalte sind:

- Datenstrukturen und -quellen
- Datenbanken und -aufbereitung
- Feature Engineering und Signalanalyse
- Modelle (Regression, Klassifikation und Clustering)
- Process Mining
- Condition Monitoring
- Predictive Quality
- Process Control

#### **Bioprinting (VU)**

Die Lehrveranstaltung "Bioprinting" gibt einen Überblick über dieses interdisziplinäre Forschungsgebiet und das Wissen über Bioprinting-Technologien, Bioinks, 3D-In-vitro-Modelle und Organoide. Der Kurs beginnt mit einem Überblick über die historischen Entwicklungen und die allgemeine Motivation, biologisch funktionales Gewebe herzustellen. Anschließend werden etablierte Extrusions-, Tröpfchen- und laserbasierte Bioprinting-Technologien sowie neue Ansätze (z.B. mikrofluidisches Bioprinting, volumetrisches Bioprinting) hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile und Anwendungsgebiete diskutiert. Der Kurs beleuchtet die Druckparameter sowie Methoden zur Beurteilung der Extrudierbarkeit und Formtreue. Es werden Grundlagen der Zellkultur eingeführt, um die allgemeinen biologischen Anforderungen sowie die Designkriterien für Bioinks zu verstehen. Um die Studierenden mit translatorischen Aspekten vertraut zu machen, werden im Kurs die regulatorischen Überlegungen für Bioprinting-Prozesse und -Produkte vorgestellt und diskutiert. Der Kurs vermittelt sowohl technische als auch interdisziplinäre Kompetenzen, die nicht nur für das Gebiet des Bioprintings, sondern auch für die Medizintechnik im Allgemeinen relevant sind.

Die folgenden Themen werden in diesem Modul behandelt (Änderungen vorbehalten):

- Einführung in das Bioprinting: historische Entwicklungen, Motivation und Anwendungen
- Definition und Vergleich von Bioprinting-Technologien
- Einführung in die Grundlagen der Zellkultur und in den Bereich der Stammzellen
- Klassifizierung und Designkriterien für Bioinks
- Grundlagen und Anwendungen von Vernetzungsmethoden im Bioprinting

- Methoden zur Bewertung der Extrudierbarkeit, Formtreue und Druckgenauigkeit
- Methoden zur Bewertung der Lebensfähigkeit und Proliferation von Zellen
- In-vitro-3D-Modelle von menschlichem Gewebe/Organen und Organoiden: Biofabrikation und Potenzial
- translationale Anwendungen und zukünftige Herausforderungen
- regulatorische Überlegungen für Prozesse und Produkte

#### **Einführung in das rechnergestützte Werkstoffdesign 2 (VU)**

Modellierung und Simulation sind ein wichtiger Bestandteil der modernen Materialwissenschaft. Mit Hilfe von Berechnungsmethoden und entsprechenden Theorien können die Eigenschaften von Werkstoffen aus den Grundlagen berechnet werden, was ihre Entwicklung für zukünftige Anwendungen ermöglicht. Ziel dieser Lehrveranstaltungsreihe ist es, einen Einblick in die spannende Welt der rechnergestützten Materialwissenschaft zu geben und das Verständnis zu vermitteln, wie sie für das Materialdesign genutzt werden kann. Die Vermittlung des gesamten Stoffes erstreckt sich über zwei Semester: In dieser Lehrveranstaltung (Sommersemester) werden die Themen der mikro-skalaren Werkstoffsimulation adressiert:

- Mikrostruktur und ihre Bestandteile
- Simulation der Ausscheidungskinetik im Festkörper
- Modellierung der Rekristallisation- und Kornwachstumprozesse
- Verlinkung der Materialsimulationen über die Längenskala
- Anwendung der Methode des maschinellen Lernens in der Materialmodellierung

#### **Wood and Biomaterials Mechanics and Physics (VU)**

- Holz- und Biowerkstoffmechanik und -physik in Bezug auf die Belastungsbedingungen.
- 3D-Eigenschaften von Holz und Holzprodukten sowie Methoden zur Bestimmung dieser Eigenschaften.
- Zerstörende und zerstörungsfreie Prüfung.
- Kurz- und Langzeitfestigkeit, Schadensakkumulation, Spannungs-Dehnungs-Kurven, Ermüdung, transiente Prozesse in Holz.
- Herstellungstechniken.
- Anwendung von Holz und Biomaterialien in technischen Strukturen, numerische Ansätze und ihre Anwendungen (FEM, FDM), Hintergrund von Designregeln, statistische Modellierung von Eigenschaften entlang der Produktionskette vom Wald bis zum Holzprodukt.

#### **Thermomechanisches Werkstoffverhalten (PR)**

Im Rahmen des Praktikums wird das thermomechanische Verhalten unterschiedlicher metallischer Werkstoffe mittels eines Schweiß- und Umformsimulators untersucht. Diese Versuche und ergänzende metallographische Analysen dienen der Identifikation und Bewertung der Implikationen, die sich aus der Temperaturführung bei der additiven bzw. schweißtechnischen Fertigung ergeben. Die Experimente umfassen:

- Thermo-physikalische Simulation des Fertigungsprozesses: Aufbringen unterschiedlicher prozessnaher Temperaturzyklen sowie Wärmebehandlungen mittels thermo-physikalischem Simulator (Gleeble)
- Zugversuch: Charakterisierung der sich aus der Wärmebehandlung ergebenden Eigenschaften
- Warmzugversuch: Untersuchung der Heißrissanfälligkeit
- Metallographie: Vorbereitung und Durchführung metallographischer Untersuchungen zur Analyse des Gefüges bzw. der auftretenden Heißrisse
- Härtemessung: Analyse der Härte im Ausgangszustand sowie nach dem Aufbringen verschiedener Temperaturzyklen



	<p><b>Finite Elemente in der Werkstoffmechanik (VU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundgleichungen der Kontinuumsmechanik</li> <li>- Mechanik des Einzelstabs</li> <li>- Grundlagen der Variationsrechnung</li> <li>- Einführung in Finite Elemente (FE) zur Lösung elastischer Probleme</li> <li>- FE-Lösung von ratenunabhängigen elasto-plastischen Problemen</li> </ul>
Lehrveranstaltungen	<p>STM WM 10.1 VU Additive Fertigung mit Metallen (5 ECTS)            STM WM 10.2 PR Konstruktion für die Additive Fertigung (4 ECTS)            STM WM 10.3 VU Werkstoffauswahl (5 ECTS)            STM WM 10.4 PR Simulation of Composites (4 ECTS)            STM WM 10.5 PR Finite Elemente Methode (FEM) mit Schwerpunkt Luft- und Raumfahrtstrukturen            STM WM 10.6 VU KI in der Produktionstechnik (5 ECTS)            STM WM 10.7 VU Bioprinting (5 ECTS)            STM WM 10.8 VU Einführung in das rechnergestützte Werkstoffdesign 2 (5 ECTS)            STM WM 10.9 VU Wood and Biomaterials Mechanics and Physics (5 ECTS)            STM WM 10.10 PR Thermomechanisches Werkstoffverhalten (4 ECTS)            STM WM 10.11 VU Finite Elemente in der Werkstoffmechanik (5 ECTS)</p> <p>Weitere wählbare Lehrveranstaltungen können einer ortsüblich und semesteraktuell angekündigten Lehrveranstaltungsliste entnommen werden.</p>
Prüfungsart	Teilprüfungen über Schwerpunktmodule (Modulprüfungen)

Modulbezeichnung	<b>TUM Schwerpunktmodul A Straubing (Biogenic Materials) (lt. § 6 wählbares Modul)</b>
Modulcode	STM WM 11
Arbeitsaufwand gesamt	30 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verfügen über vertiefte Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung von nachwachsenden Rohstoffen sowie deren Gewinnung und Anwendung. Mit diesem Wissen können die Studierenden Vor- und Nachteile bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe wiedergeben und grundlegende physikalische, chemische und biotechnologische Aspekte der Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in Wertprodukte analysieren.</li> <li>• sind in der Lage, Biokunststoffe zu klassifizieren und anwendungsrelevant einzuordnen. Die Studierenden können kompetent auf Basis des erworbenen Wissens Herstellungsprozesse technischer Biopolymere bewerten und können diese anhand ihrer Eigenschaftsprofile bedarfsgerecht zuordnen. Die Modulveranstaltung befähigt zur Auswahl geeigneter chemischer Syntheseverfahren für spezifische Anforderungen in der Industrie. Die Studierenden können physikalisch-chemische Charakterisierungsmethoden kompetent einsetzen.</li> <li>• sind zur Formulierung von verwendungsspezifischen Anforderungen an die Qualität von Massivholz und Holzwerkstoffen befähigt. Die</li> </ul>

	<p>Technologien zur Verarbeitung des Holzes als Material und Werkstoffe sind bekannt. Die Einsatzformen in den verschiedenen Bereichen der Zivilisationsgesellschaft sind bekannt, ein Schwerpunkt bildet die bauindustrielle Anwendung. Konzepte zur Gestaltung der Verarbeitungs- und Nutzungsformen mit dem Ziel einer besseren Umsetzung der Kaskadennutzung können entwickelt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen die Fähigkeit, komplexe Materialaufbausysteme in der Natur kompetent zu bewerten und Unterschiede zwischen bionischen und bioinspirierten Materialien herauszuarbeiten. Sie können für vorgegebene technische Fragestellungen passende biologische Materialien und Konzepte auswählen und Lösungen zu technischen Fragestellungen im Sinne der bioinspirierten Materialsynthese bedarfsgerecht einsetzen. Die Studierenden sind in der Lage, die Herstellungsprozesse neuer medizinisch oder technologisch relevanter Werkstoffe abzuleiten.</li> <li>• besitzen ein vertieftes Verständnis für die ausgewählten Beispielprozesse und die zugrundeliegenden Reaktionen. Sie sind mit dem Arbeiten in chemischen und mikrobiologischen Labors in Grundzügen vertraut und in der Lage, die vermittelten speziellen experimentellen und analytischen Methoden mindestens in Grundzügen anzuwenden und Laborexperimente korrekt zu protokollieren.</li> <li>• haben die Fähigkeit entwickelt, fortgeschrittene Probleme der elektronischen Spektroskopie und damit verbundene Phänomene zu analysieren. Sie können Informationen zu Techniken wie Fluoreszenz, UV-Vis-Absorption, Zirkulardichroismus, photoakustische Spektroskopie und zirkular polarisierte Lumineszenz kritisch bewerten.</li> <li>• können beurteilen, welche Chancen und Potenziale nachwachsende Rohstoffe im Werkstoffbereich besitzen und warum. Sie können einschätzen, aus welchen biogenen Rohstoffen und mit welchen chemisch-technischen Verfahren Werkstoffe mit einem bestimmten Eigenschaftsprofil hergestellt werden. Zudem können sie den Entwicklungsstand, das Entwicklungspotenzial sowie die Umweltverträglichkeit biogener Werkstoffe beurteilen.</li> <li>• können die technologisch wichtigsten metallischen Verbindungen und Werkstoffe benennen. Sie können Herstellungsrouten hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewerten, Prüfmethoden erläutern, sowie die Anwendungen der behandelten Stoffe benennen, Werkstoffe für bestimmte Anwendungsfälle auswählen und ihre Wahl auf der Grundlage von Herstellungs- und Eigenschaftsprofilen begründen.</li> <li>• verstehen die Prinzipien des Herangehens an (Forschungs)projekte, der Planung von Projektarbeiten und der kritischen Auswertung der Projektergebnisse und können diese auf neue Projektaufgaben anwenden. Weiterhin sind sie in der Lage, Projektarbeiten und Ergebnisse aussagekräftig in schriftlicher Form zu dokumentieren, zu interpretieren und zusammenzufassen.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><b>Renewables Utilization (VU)</b>                  Einführung in die verschiedenen Arten der Inhaltsstoffe nachwachsender Rohstoffe: Zucker, Polysaccharide, Fette und Öle, Aminosäuren, Proteine, Terpene, Aromaten. Behandelt werden Aufbau, Zusammensetzung, Vorkommen, Eigenschaften, Analytik und Art der Wertschöpfung bzw. Nutzung.</p>

### **Werkstoffliche Nutzung von Holz (VO)**

Die Vorlesung vermittelt die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der stofflichen Holznutzung, d.h. als Material und Werkstoff. Ausgehend von den materialtechnologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften werden die Anforderungen und Voraussetzungen vermittelt, um Holz in tragender, nichttragender, dekorativer, bauphysikalisch korrekter Form im Bauwesen, in der Möbel-, Transport-, Verpackungs- und Papierindustrie einzusetzen. Neben den Verarbeitungs-, Produkt- und Anwendungstechnologien werden Möglichkeiten diskutiert, um die Stoffstromlenkung im Hinblick auf eine Kaskadennutzung zu optimieren.

### **Biogenic Polymers (VU)**

Die Lehrveranstaltung erläutert die Struktur und Funktion von natürlich vorkommenden Biomakromolekülen (insbesondere Polysaccharide, Proteine). Darüber hinaus werden die Grundbegriffe biogener Polymere in Bezug auf technisch relevante Polymere und ihre Anwendung erweitert. Weiterhin werden die chemische Synthese und Derivatisierung von industriell relevanten Biokunststoffen eingeführt (z.B. Cellulosederivate). Schwerpunkt liegt auf der Erarbeitung der chemischen Syntheseoptionen und ihrer kompetenzorientierten Anwendung. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Biokunststoffe und ihre Charakterisierung sind zentraler Bestandteil der Vorlesung. Im seminaristischen Teil der Lehrveranstaltung wird anhand aktueller wissenschaftlicher Publikationen ein Thema eigenständig erarbeitet (Literaturstudium) und präsentiert.

**Bioinspired Materials and Processes (VO)** Die wesentlichen Eigenschaften und Funktionen biologischer Materialien werden anhand ausgewählter Beispiele erklärt. Dazu gehören auch die biochemischen Vorgänge beim Aufbau biologischer Materialien. Daraus abgeleitet werden Strategien zur Herstellung bioinspirierter Materialien. Aktuelle Konzepte und Designs werden anhand von Beispielen entwickelt. Mögliche Anwendungsfelder in Technik und Medizin werden eingehend dargestellt. Die Vorlesung hat folgende Inhalte. Einführung: Natur und Technik, Bionik, Biomimetik, Bioinspiration; Fundamentale Aspekte biologischer Materialien: Evolution, Optimierung, Entwicklung, Strukturen (Lotus-Effekt), Hierarchie, Biologie vs. Technik; Biominerale und Hartgewebe: Kristallisation, Typisierung Biomineralisation, Biominerale; Bioinspirierte Materialien: Prinzipien, Strategien, Herstellung, 0-dimensionale Nanomaterialien bis hin zu komplexen Strukturen; Biotemplating; Anwendungsfelder: Lebenswissenschaften: Biomedizinische Materialien, Technik: Materialien für Energie und Umwelt, Optische Materialien und Technologien.

### **Protein-based Materials for Technology (VU)**

Die Vorlesung vermittelt begleitet mit Übungen vertiefte Kenntnisse in physikalischer Chemie, Spektroskopie, Thermodynamik, Proteinstruktur und Optoelektronik für proteinbasierte Materialien. Sie befasst sich unter anderem mit aktueller Literatur über proteinbasierte Materialien. Der erste Schwerpunkt liegt auf der Aufklärung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Proteinen und deren Wechselwirkung mit anderen Molekülen und Makromolekülen sowie den verschiedenen hierfür verwendeten Methoden und Techniken. Der zweite Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung, wie proteinbasierte Materialien Anwendungen außerhalb des typischen biologischen Bereichs finden können.

	<p><b>Advanced Electron Spectroscopy (VU)</b>                  Die Vorlesung begleitet mit Übungen vermittelt vertiefte Kenntnisse in der elektronischen Spektroskopie und ihren Anwendungen. So werden optische Spektroskopietechniken wie Fluoreszenz, UV-Vis-Absorption, Zirkulardichroismus, photoakustische Spektroskopie und zirkular polarisierte Lumineszenz vorgestellt und dabei auf grundlegende Stärken und Schwächen geachtet. Jede Methode wird anhand von drei Schwerpunkten beschrieben: Theorie, Materialbeschreibung und Anwendungen.</p> <p><b>Polymer Processing (VU)</b>                  Die Vorlesung befasst sich mit Grundtechniken und Prozessen der Kunststoffverarbeitung, z.B. Extrusion, Spritzguss, Umformungsprozesse und andere typische Anwendungen. Darüber hinaus werden Methoden zur Charakterisierung thermischer und mechanischer Eigenschaften vorgestellt. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Zusammenhang zwischen den Verarbeitungsparametern und den Endanwendungseigenschaften. Die erworbenen Kenntnisse werden im begleitenden Praktikum vertieft. Es werden Spritzguss- und Extrusionsversuche durchgeführt und die Prüfkörper anschließend hinsichtlich ihrer thermischen, optischen und mechanischen Eigenschaften charakterisiert. Weitere Schwerpunkte werden auf die Chemie, Struktur und Klassifizierung von Polymeren und Kunststoffteilen gelegt. Die Vorlesung befasst sich auch mit den physikalischen Eigenschaften von Polymeren und Kunststoffen unter Einbeziehung der Charakterisierung der mechanischen und thermischen Eigenschaften und deren Auswirkungen auf Verarbeitung, Viskosität und viskoelastisches Verhalten.</p> <p><b>Research Internship STM A (PR)</b>                  Forschungsbezogene Arbeiten an den Lehrstühlen und Arbeitsgruppen des TUMCS. Die Studierenden erhalten jeweils Aufgabenstellungen aus dem Forschungsbereich des betreuenden Prüfers, die sie unter Anleitung in Form von Projekten bearbeiten. Die Themengebiete müssen fachlich inhaltlich den Werkstoffwissenschaften zugeordnet werden können. Die Studierenden planen die Projektarbeiten unter Anleitung der Betreuer weitgehend selbstständig. Die Projektarbeiten werden dokumentiert und in Form eines Praktikumsberichtes ausgewertet. Optional kann eine ergänzende Präsentation des Arbeitsfortschrittes in Form von Vorträgen erfolgen.</p> <p><b>Fundamentals and Technology of Metals (VO)</b>                  Die Vorlesung behandelt die physikalisch-chemischen Grundlagen des Aufbaus und der daraus resultierenden Eigenschaften von Metallen. Für technologisch wichtige Metalle werden Herstellungsverfahren, Prüfmethoden und Anwendungen aufgezeigt.</p>
<p>Lehrveranstaltungen</p>	<p>STM WM 11.1: VU Renewables Utilization (5 ECTS)                  STM WM 11.2: VO Bioinspired Materials and Processes (5 ECTS)                  STM WM 11.3: VU Biogenic Polymers (5 ECTS)                  STM WM 11.4: VU Protein-based Materials for Technology (5 ECTS)                  STM WM 11.5: VU Advanced Electronic Spectroscopy (5 ECTS)                  STM WM 11.6: VU Polymer Processing (5 ECTS)                  STM WM 11.7: VO Werkstoffliche Nutzung von Holz (5 ECTS)                  STM WM 11.8: PR Research Internship STM A (4 ECTS)                  STM WM 11.9: VO Fundamentals and Technology of Metals (5 ECTS)                  Weitere wählbare Lehrveranstaltungen können einer ortsüblich und semesteraktuell angekündigten Lehrveranstaltungsliste entnommen werden</p>

Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp
Modulbezeichnung	<b>TUM Schwerpunktmodul Straubing B (Biogenic Materials) (lt. § 6 wählbares Modul)</b>
Modulcode	STM WM 12
Arbeitsaufwand gesamt	30 ECTS
Learning Outcomes	<p>Absolvent:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Kriterien für den sachgerechten Umgang mit biologischen Materialien. Sie können spezielle Methoden zur Analyse hierarchischer Strukturen und der daraus abgeleiteten Materialeigenschaften benennen und die Zusammenhänge zwischen Struktur und äußeren Eigenschaften erläutern. Darüber hinaus sind sie in der Lage, maßgeschneiderte Modifikationswege für biologische Materialien zu beschreiben.</li> <li>• sind in der Lage, die verschiedenen Systeme zur Nutzung von Biomasse zu bewerten. Darüber hinaus sind sie in der Lage, ein tragendes Konzept zu entwickeln, dafür zu argumentieren und den wirtschaftlichen Nutzen abzuschätzen.</li> <li>• besitzen ein vertieftes Verständnis für nachhaltige Chemie und können daher die Prinzipien der nachhaltigen Chemie herausstellen. Die Studierenden können die Effizienz und Abfallmengen von chemischen Reaktionen analysieren und verschiedene alternative Prozesse bewerten. Darüber hinaus sind sie damit fähig, weitergehende chemische Aspekte der Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in Wertprodukte zu diskutieren.</li> <li>• kennen die Grundlagen der Elektrochemie und besitzen ein vertieftes Wissen über nachhaltige Materiallösungen für Fragen der Energiespeicherung wie Batterien oder Wasserstoff.</li> <li>• verstehen die Prinzipien des Herangehens an (Forschungs)projekte, der Planung von Projektarbeiten und der kritischen Auswertung der Projektergebnisse und können diese auf neue Projektaufgaben anwenden. Weiterhin sind sie in der Lage, Projektarbeiten und Ergebnisse aussagekräftig in schriftlicher Form zu dokumentieren, zu interpretieren und zusammenzufassen.</li> </ul>
Modulinhalt	<p><b>Protein-based Materials for Technology (VU)</b> Die Vorlesung vermittelt begleitet mit Übungen vertiefte Kenntnisse in physikalischer Chemie, Spektroskopie, Thermodynamik, Proteinstruktur und Optoelektronik für proteinbasierte Materialien. Sie befasst sich unter anderem mit aktueller Literatur über proteinbasierte Materialien. Der</p>

erste Schwerpunkt liegt auf der Aufklärung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Proteinen und deren Wechselwirkung mit anderen Molekülen und Makromolekülen sowie den verschiedenen hierfür verwendeten Methoden und Techniken. Der zweite Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung, wie proteinbasierte Materialien Anwendungen außerhalb des typischen biologischen Bereichs finden können.

### **Sustainable Energy Materials (VO)**

Eine nachhaltige Energiewirtschaft ist ein wichtiges Thema, um die Umweltbelastung und den Klimawandel zu minimieren. Elektrochemische Geräte wie Brennstoffzellen und Batterien können dazu beitragen, erneuerbare Energiequellen wie Solarenergie und Windkraft effizienter zu nutzen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. In diesem Kurs lernen Studierende die Grundlagen der Elektrochemie und verschiedene wichtige Geräte, die in der aktuellen und zukünftigen Energiewirtschaft eingesetzt werden, wie Brennstoffzellen, Batterien und elektrochemische Wasserzersetzung, kennen. Die Vorlesungen behandeln das Arbeitsprinzip, die Komponenten, Materialien, Anwendungen und das zukünftige Potenzial dieser Geräte in der Energieökonomie. Durch den Einsatz von Katalysatoren in chemischen Reaktionen können deren Geschwindigkeit und Selektivität erhöht werden, was zu erheblichen Energieeinsparungen führt. Ein Teil des Kurses wird sich auf die Brennstoffzellenkatalyse konzentrieren, andere Ideen wie die Verwendung von Katalysatoren in Chlor-Elektrolyse werden eingeführt, um zu demonstrieren, wie die Wahl der richtigen Gegenreaktion zu Energieeinsparungen führen kann. Das Thema Wasserzersetzungsreaktionen auf Katalysatoren wird später im Kurs behandelt. Es werden die Verwendung von verschiedenen Materialien in energiebezogenen Geräten untersucht und wie deren elektronische und ionische Eigenschaften ihre Leistung beeinflussen. Batterien spielen eine wichtige Rolle bei der Elektromobilität, indem sie elektrische Energie effizient speichern und abgeben. Ein Teil des Kurses wird hauptsächlich Li-Ionen-Batterien behandeln, beginnend mit einem Überblick über ihre Grundlagen und die häufigsten Zelltypen. Neben der Diskussion der Merkmale von typischen Li-Ionen-Elektrodenmaterialien und Elektrolyten wird der Kurs auch zeigen, wie wichtige Leistungsmerkmale wie Energiedichte, Leistungsdichte und Lebensdauer von der Zellchemie beeinflusst werden. Der Kurs wird auch Konzepte für die nächste Generation von Batterien, wie vollständig feststoffliche Batterien, vorstellen.

### **Phytopharmaceuticals and Natural Products (VO)**

Die Inhalte der Vorlesung sind:

- Definition von Heilpflanzen und Phytopharmaka
- Stellung von Phytopharmaka in der Pharmakologie
- Wirkungsbestimmende Komponenten und häufige Mechanismen (Entzündungskaskade, Infektionen, Gerinnungssystem, Neurotransmission, Verdauungssystem)
- typische in Europa angebaute Heilpflanzen
- internationaler Handel mit Heilpflanzen
- wichtige Verbindungsklassen (Terpene, Steroide, Cumarin, Alkaloide, Vitamine, Saccharide)
- Qualitätsbestimmung und typische Methoden (Chromatographie)
- Fälschung und Chemotyp (chemische Rasse)
- Arzneimittelregulierungsangelegenheiten (Zulassung, Dokumente)
- Verwendung von Heilpflanzen in der Praxis

### **Biological Materials (VO)**

Die Vorlesung vermittelt, aufbauend auf grundlegendem materialwissenschaftlichem Wissen, Kenntnisse über wichtige Eigenschaften von biologischen und Funktionsmaterialien. Damit sind solche Materialien gemeint, die in ihrem biologischen System oder in einer technologischen Anwendung in ihrem nativen Zustand, oder modifiziert, eine oder mehrere Funktionen erfüllen. Die Unterschiede und Überschneidungen mit klassischen Ingenieurmaterialien werden dabei herausgestellt. Es werden wichtige Methoden zur Bestimmung von Strukturen und Eigenschaften vorgestellt. Nach einer Darstellung der Klassifikationen von biologischen Materialien werden grundlegende Zusammenhänge zwischen hierarchischer Struktur und makroskopischen Eigenschaften behandelt. Als wichtigster Komplex wird der Einfluss der hierarchischen Struktur auf die mechanischen Eigenschaften von Materialien erörtert. Es wird diskutiert, welche Versagensarten in biologischen Materialien auftreten können, und wie sie von den evolutionär entstandenen Strukturen gesteuert werden. Darüber hinaus werden wichtige Modifikationsrouten für verschiedene Klassen biologischer Materialien angesprochen.

### **Energetic Use of Biomass and Residuals (VU)**

Diese Vorlesung mit Übung widmet sich möglichen Technologien zur energetischen Nutzung von Biomasse und Reststoffen. Insbesondere werden Wärmeerzeugung, Energieumwandlung, Kraft-Wärme-Kopplung und Verfahren zur Erzeugung gasförmiger und flüssiger Energieträger besprochen. Darüber hinaus wird ausführlich auf die Erzeugung von Biogas (Vergärungsprozess) eingegangen. Der Schwerpunkt der praktischen Übungen liegt auf der Konzeption und Planung von Anlagen. Im Rahmen eines seminaristischen Übungsteils sollen die Teilnehmer:innen Beispiele erarbeiten und diese anhand einer Wirtschaftlichkeitsberechnung bewerten.

### **Sustainable Chemistry (VU)**

In dieser Vorlesung werden die Prinzipien der Nachhaltigen Chemie vermittelt. Dabei wird insbesondere auf die Bewertung chemischer Prozesse unter den Gesichtspunkten Effizienz, Atomökonomie und anfallende Abfallmengen, sowie auf Optimierungsstrategien in den Bereichen der katalytischen Methoden, der Rohstoffbasis und der Energieeffizienz eingegangen. Im zugehörigen Übungsteil werden von den Studierenden eigenständig aktuelle Themen aus dem Bereich der nachhaltigen Chemie erarbeitet und den Kommilitonen präsentiert.

### **Research Internship STM (PR)**

Forschungsbezogene Arbeiten an den Lehrstühlen und Arbeitsgruppen des TUMCS. Die Studierenden erhalten jeweils Aufgabenstellungen aus dem Forschungsbereich des betreuenden Prüfers, die sie unter Anleitung in Form von Projekten bearbeiten. Die Themengebiete müssen fachlich-inhaltlich den Werkstoffwissenschaften zugeordnet werden können. Die Studierenden planen die Projektarbeiten unter Anleitung der Betreuer weitgehend selbstständig. Die Projektarbeiten werden dokumentiert und in Form eines Praktikumsberichtes ausgewertet. Optional kann eine ergänzende Präsentation des Arbeitsfortschrittes in Form von Vorträgen erfolgen.

Lehrveranstaltungen	STM WM 12.1 VU Protein-based Materials for Technology (5 ECTS)) STM WM 12.2 VO Biological Materials (5 ECTS) STM WM 12.3 VO Sustainable Energy Materials (6 ECTS) STM WM 12.4 VU Energetic Use of Biomass and Residuals (6 ECTS) STM WM 12.5 VU Sustainable Chemistry (5 ECTS) STM WM 12.5 VO Phytopharmaceuticals and Natural Products (5 ECTS) STM WM 12.6 PR Research Internship STM B (4 ECTS)  Weitere wählbare Lehrveranstaltungen können einer ortsüblich und semesteraktuell angekündigten Lehrveranstaltungsliste entnommen werden.
Prüfungsart	Modulteilprüfungen/Lehrveranstaltungsorientierter Prüfungstyp

---

### Impressum

Herausgeber und Verleger:  
Rektor der Paris Lodron Universität Salzburg  
Geschäftsführender Rektor / Vizerektor für Lehre und Studium Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr. Martin Weichbold  
Redaktion: Stefan Bohuny  
alle: Kapitelgasse 4-6  
A-5020 Salzburg