



## **Modulhandbuch**

Master of Science

## **Materialwissenschaft**

Kohorte: Wintersemester 2018

Stand: 28. September 2018

---

---

## Inhaltsverzeichnis

---

---

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	3
Fachmodule der Kernqualifikation	7
Modul M0523: Betrieb & Management	7
Modul M0524: Nichttechnische Ergänzungskurse im Master	8
Modul M1197: Mehrphasige Materialien	11
Modul M1198: Materialphysik und atomare Materialmodellierung	14
Modul M1218: Ringvorlesung: Multiskalenmaterialien	18
Modul M1170: Phänomene und Methoden der Materialwissenschaften	20
Modul M1219: Fortgeschrittenenpraktikum Materialwissenschaften	22
Modul M1226: Mechanische Eigenschaften	24
Modul M1199: Moderne Funktionsmaterialien	27
Modul M1221: Studienarbeit Moderne Probleme der Materialwissenschaften	29
Fachmodule der Vertiefung Konstruktionswerkstoffe	30
Modul M1342: Kunststoffe	30
Modul M1344: Verarbeitung von Faser-Kunststoff-Verbunde	33
Modul M1343: Fibre-polymer-composites	35
Modul M0595: Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse	37
Modul M1291: Materialwissenschaftliches Seminar	39
Modul M1345: Metallische und Hybride Werkstoffe für den Leichtbau	42
Fachmodule der Vertiefung Modellierung	47
Modul M1151: Werkstoffmodellierung	47
Modul M0604: High-Order FEM	49
Modul M0605: Numerische Strukturmechanik	51
Modul M0606: Numerische Algorithmen in der Strukturmechanik	53
Modul M1152: Skalenübergreifende Modellierung	55
Modul M1237: Methoden der theoretischen Materialphysik	58
Modul M1238: Quantenmechanik von Festkörpern	60
Modul M0603: Nichtlineare Strukturanalyse	63
Modul M1150: Kontinuumsmechanik	65
Modul M1291: Materialwissenschaftliches Seminar	67
Fachmodule der Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien	70
Modul M0766: Microsystems Technology	70
Modul M1334: BIO II: Biomaterials	73
Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics	75
Modul M0930: Semiconductor Seminar	77
Modul M1220: Grenzflächen und grenzflächenbestimmte Materialien	79
Modul M1238: Quantenmechanik von Festkörpern	81
Modul M1239: Experimentelle Mikro- und Nanomechanik	84
Modul M1335: BIO II: Gelenkersatz	87
Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik	89
Modul M0644: Optoelectronics II - Quantum Optics	92
Modul M1291: Materialwissenschaftliches Seminar	94
Thesis	97
Modul M-002: Masterarbeit	97



# **Modulhandbuch**

Master

# **Materialwissenschaft**

Kohorte: Wintersemester 2018

Stand: 28. September 2018

---

---

## **Studiengangsbeschreibung**

---

---

### **Inhalt**

Werkstoffe - sowohl klassische als auch neuartige - sind die Basis und der Motor für Produkte und Produktinnovationen. Die wichtigsten werkstoffbasierten Branchen in Deutschland, darunter der Fahrzeug- und

Maschinenbau, die chemische Industrie, die Energietechnik, die Elektro- und Elektronikindustrie sowie die Metallerzeugung und -verarbeitung, erzielen einen jährlichen Umsatz von nahezu einer Billion Euro und beschäftigen rund fünf Millionen Menschen.

Materialwissenschaftler entwickeln gänzlich neue Werkstoffkonzepte - zum Beispiel in aktuellen Schlüsselfeldern wie der Energiespeicherung und Umwandlung oder dem strukturellen Leichtbau - oder sie verbessern existierende Werkstoffe und passen sie an die ständig wechselnden Anforderungen des globalen Wettbewerbs an. Mit ihrer Expertise zu den komplexen Auswirkungen von Struktur, Zusammensetzung, Verarbeitungsschritten und den Last- und Umwelteinflüssen auf die Leistungsfähigkeit und das Verhalten von Werkstoffen im praktischen Einsatz sind sie zudem ein Bindeglied zwischen Konstruktion und Produktion.

Wegen der Bedeutung des Materialverhaltens für die konstruktive Auslegung und Verarbeitung von Produkten hat das Studium der Materialien eine starke ingenieurwissenschaftliche Komponente. Gleichzeitig baut das Verständnis des Materialverhaltens auf den aktuellsten Einsichten in den naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern auf. Obwohl zum Beispiel moderne Hochleistungsstähle im 1000-Tonnen-Maßstab produziert werden, geht der Trend immer mehr zum Entwurf solcher Materialien und ihrer Verarbeitungsschritte anhand von Modellrechnungen, die auf quantenphysikalischen Prinzipien aufbauen und die gesamte Skala vom Atom bis zum Bauteil lückenlos abdecken.

Neuartige Verbund- und Hybridmaterialien, die hohe Festigkeit und geringes Gewicht mit Funktionseigenschaften wie zum Beispiel Aktorik oder Sensorik vereinen, nutzen aktuelle Forschungsergebnisse aus den Nanowissenschaften. Die Entwicklung der im Gesundheitswesen zunehmend wichtigen Biomaterialien erfordert neben materialphysikalischen und -chemischen Ansätzen auch Einsichten aus der Medizin. Der breite interdisziplinäre Ansatz der Materialwissenschaft macht sie zur Brückendisziplin zwischen den Ingenieur- und den Naturwissenschaften.

Der Studiengang Materialwissenschaft (M.Sc.) - Multiskalige Materialsysteme richtet sich an Bachelor-Absolventen sowohl der Ingenieurwissenschaften wie auch der Physik oder Chemie. Mit seinem grundlagenorientierten Curriculum unter Berücksichtigung von naturwissenschaftlichen wie auch ingenieurwissenschaftlichen Aspekten vermittelt der Studiengang ein Verständnis von Herstellung, Aufbau, Eigenschaften und Designprinzipien von Materialien, ausgehend von den atomaren Strukturen und Prozessen bis hin zum Verhalten in Bauteilen.

Im Mittelpunkt des ersten Studienjahrs stehen die Kernthemen: Physik und Chemie von Materialien, Methoden in Experiment, Theorie und skalenübergreifender Modellierung, mechanische Eigenschaften angefangen von Molekülen über idealisierte einkristalline Zustände bis hin zum realen Material, Phasenübergänge und Gefügedesign sowie Eigenschaften von Funktionsmaterialien. Vertiefungsrichtungen erschließen die Felder Nano- und Hybridmaterialien, Technische Materialien, und Materialmodellierung. Im zweiten Studienjahr steht die Mitarbeit in der aktuellen Forschung im Mittelpunkt, mit einem Studienprojekt zu Modernen Problemen der Materialwissenschaften und der Masterarbeit.

## Berufliche Perspektiven

Beispiele für Aufgabenfelder von Materialwissenschaftlern sind:

- Materialkompetenz in der Konstruktion
- Prozessentwicklung und -Betreuung in der materialerzeugenden und -verarbeitende Industrie
- Material- und Prozessentwicklung in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen
- Schadensanalyse
- Qualitätssicherung
- Patentwesen
- wissenschaftliche Forschung an Universitäten und staatlichen Forschungseinrichtungen

Arbeitgebende Branchen sind unter anderem:

- Fahr- und Flugzeugbau
- Maschinenbau
- chemische Industrie

- Energietechnik
- Elektro- und Elektronikindustrie
- Metallverhüttung und -Verarbeitung
- Medizintechnik
- Hoch- und Tiefbau

## Lernziele

### Wissen

- Die Absolventinnen und Absolventen haben die grundlegenden Zusammenhänge verstanden und die Wissensbasis erworben, die sie für eine Berufstätigkeit im Fachgebiet Materialwissenschaft im nationalen und internationalen Umfeld qualifizieren. Sie können die den Materialwissenschaften unterliegenden wissenschaftlichen Grundlagen und die wichtigsten experimentellen und numerischen Methoden verstehen und beschreiben.
- In den folgenden Fachgebieten kennen die Absolventinnen und Absolventen die grundlegenden Konzepte und tiefergehenden Sachverhalte und können diese erläutern:
  - Metalle, Keramiken, Polymere, Kompositmaterialien
  - Wechselspiel zwischen Materialverhalten, Gefüge, und Verarbeitung
  - mechanische Eigenschaften, Funktionseigenschaften, Phasenübergänge und Gefügeentwicklung
  - Charakterisierungsmethoden
  - Ansätze für die numerische Modellierung.

### Fertigkeiten

- Die Absolventinnen und Absolventen können ihr Wissen auf den oben genannten Themenfeldern sowie ihre methodischen Kenntnisse bei der Lösung wissenschaftlicher sowie technischer, materialbezogener Aufgaben anwenden.
- Sie können die relevanten grundlegenden Methoden und Sachverhalte identifizieren und so wissenschaftliche wie auch technische Materialprobleme auch außerhalb vorgegebener Vorgehensmuster selbstständig zu lösen.

### Absolventinnen und Absolventen mit der Vertiefung „Konstruktionsmaterialien“

- können Metalle, Keramiken, Polymere und Kompositmaterialien für spezifische Aufgabenstellungen in einem technologieorientierten Umfeld bewerten.
- können Abfolgen von Verarbeitungsschritten entwickeln und beaufsichtigen.
- können weiterhin Entscheidungen zur Materialauswahl, zur industriellen Produktion sowie zur Qualitätssicherung und Fehleranalyse treffen.

### Absolventinnen und Absolventen mit der Vertiefung „Modellierung“

- können für unterschiedliche Phänomene auf unterschiedlichen Längen- und Zeitskalen die angemessenen Modellierungsansätze identifizieren, sie an die jeweilige Problemstellung anpassen und zur Problemlösung gezielt zum Einsatz bringen.
- können die Aussagekraft und Zuverlässigkeit der Methode bzw. ihrer Resultate unter Berücksichtigung der Problemstellung realistisch bewerten.

### Absolventinnen und Absolventen mit der Vertiefung „Nano- und Hybridmaterialien“

- sind mit den Phänomenen und physikalischen oder physikalisch chemischen Grundlagen vertraut, welche die Eigenschaften von nanoskaligen Körpern oder von Materialien mit einem nanoskaligen Gefüge mit den charakteristischen Längenskalen und der Anwesenheit bzw. den Eigenschaften von Grenzflächen verknüpfen. Insbesondere können sie die genannten Zusammenhänge erklären.
- können dieses Wissen einsetzen, um Entwurfsstrategien für Materialien umzusetzen und zu optimieren, insbesondere durch die folgenden Ansätze: gezielte Gestaltung der Gefügegeometrie auf der Nanoskala; Gestaltung des Grenzflächenverhaltens; Kombinationen harter und weicher Materie auf der Nanoskala in Form von Hybridmaterialien.

## Sozialkompetenz

- Die Absolventinnen und Absolventen sind fähig, in Teams zu arbeiten und problemorientiert ihre Arbeit zu organisieren als Vorbereitung auf forschungsorientierte Berufstätigkeit.“
- Sie können ihre Arbeitsergebnisse schriftlich oder mündlich und auch in internationalen Kontexten zielgruppengerecht präsentieren.

## Selbstständigkeit

- Die Absolventinnen und Absolventen können sich in effektiv selbstorganisierter Weise Teilgebiete ihres Faches mit wissenschaftlicher Methodik erschließen.
- Sie sind in der Lage, ihr erlerntes Wissen in eigenständiger Weise mit geeigneten Präsentationstechniken vorzutragen oder in einem Dokument von angemessenem Umfang darzustellen.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, weiteren Informationsbedarf zu erkennen und eine Strategie zu entwickeln, um ihr Wissen selbstständig zu erweitern.

## Studiengangsstruktur

Das Curriculum des Masterstudiengangs „Materialwissenschaft“ ist wie folgt gegliedert:

Kernqualifikation: 1.-3. Fachsemester, insgesamt 66 Leistungspunkte. In der Kernqualifikation sind auch die Module „Nichttechnische Ergänzungskurse im Master“ und „Betrieb & Management“ mit jeweils sechs Leistungspunkten verankert.

Vertiefung: Die Studierenden wählen eine aus den unten aufgeführten drei Vertiefungen, wobei in der jeweiligen Vertiefung während des 1.-3. Fachsemesters insgesamt 24 Leistungspunkte erworben werden:

- Vertiefung Konstruktionswerkstoffe
- Vertiefung Modellierung
- Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien

Masterarbeit im 4. Fachsemester: 30 Leistungspunkte

Damit ergibt sich ein Gesamtaufwand für den gesamten Studiengang von 120 Leistungspunkten.

## Fachmodule der Kernqualifikation

Modul M0523: Betrieb & Management	
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Meyer
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten.</li> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären.</li> <li>• Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.</li> <li>• Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.</li> </ul>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	
<i>Selbstständigkeit</i>	
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
<b>Leistungspunkte</b>	6

**Lehrveranstaltungen**

**Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.**

## Modul M0524: Nichttechnische Ergänzungskurse im Master

<b>Modulverantwortlicher</b>	Dagmar Richter
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b>	<p><b>Die Nichttechnischen Angebote (NTA)</b></p> <p>vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner <b>Lehrarchitektur</b>, den <b>Lehr-Lern-Arrangements</b>, den <b>Lehrbereichen</b> und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für <b>spezifische Kompetenzen</b> und ein <b>Kompetenzniveau</b> auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst.</p> <p><b>Die Lehrarchitektur</b></p> <p>besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet.</p> <p>Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit.</p> <p>Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.</p> <p><b>Die Lehr-Lern-Arrangements</b></p> <p>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.</p> <p><b>Die Lehrbereiche</b></p> <p>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.</p> <p><b>Das Kompetenzniveau</b></p> <p>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf</p>

Wissen

unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen.

**Fachkompetenz (Wissen)**

Die Studierenden können

- ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern,
- in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren,
- diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen,
- in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen,
- können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).

Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen

- grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden.
- technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen.
- einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten,
- bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.

*Fertigkeiten*

**Personale Kompetenzen**

Die Studierenden sind fähig ,

- in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen
- eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren,
- nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen
- sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist)

*Sozialkompetenz*

Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage,

<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren,</li> <li>• sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren,</li> <li>• Fragestellungen vor einem breiten Bildungshorizont zu reflektieren und verantwortlich zu entscheiden,</li> <li>• sich in Bezug auf ein nichttechnisches Sachthema mündlich oder schriftlich kompetent auszudrücken.</li> <li>• sich als unternehmerisches Subjekt zu organisieren, (sofern dies ein gewählter Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
<b>Leistungspunkte</b>	6

<b>Lehrveranstaltungen</b>
<b>Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.</b>

# Modul M1197: Mehrphasige Materialien

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Angewandte Computermethoden für Materialwissenschaften (L1626)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Polymermatrix Verbundwerkstoffe (L1891)	Vorlesung	2	3

**Modulverantwortlicher** Prof. Bodo Fiedler

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse** Kenntnisse in den Grundlagen der Polymere, Physik und Mechanik/Mikromechanik

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

<b>Fachkompetenz</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die komplexen Zusammenhänge der Mechanik von Verbundwerkstoffen, die Versagensmechanismen und die physikalische Eigenschaften erklären.</li> <li>- die Wechselwirkungen von Mikrostruktur und Eigenschaften der Matrix und der Verstärkungsmaterialien beurteilen.</li> <li>- z.B. unterschiedlichen Fasertypen unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern (z.B. Nachhaltigkeit, Umweltschutz).</li> </ul> <p>Sie kennen unterschiedliche Methoden der Modellierung mehrphasiger Werkstoffe und können diese anwenden.</p> <p>Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- standardisierte Berechnungsmethoden und Modellierung mit der Finite Elemente Methode in einem angegebenen Kontext einzusetzen, um Diskretisierung, Solver, Programmierung mit Python, Automatisierte Steuerung und Auswertung von Parameterstudien einzusetzen und Beispiele der Elastomechanik (Zug, Biegung, Vierpunktbiegung, Rissausbreitung, J-Integral, Kohäsivzonen-Modelle, Kontakt) zu berechnen.</li> <li>- Das Materialverhalten (Elastizität, Plastizität, kleine und große Deformationen, Modellierung mehrphasiger Materialien) zu bestimmen.</li> <li>- Mechanische Eigenschaften (Modul, Festigkeit) zu berechnen und die unterschiedlichen Materialien zu bewerten.</li> <li>- Überschlägige Dimensionierung mit Hilfe der Netztheorie der Konstruktionselemente durchführen und bewerten.</li> <li>- Für werkstoffliche Probleme geeignete Lösungen auszuwählen: Lösung inverser Probleme (Neuronale Netze, Optimierungsverfahren).</li> </ul>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in heterogen Gruppen zu fundierten Arbeitsergebnissen kommen und diese dokumentieren.</li> <li>- angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen</li> </ul>
<i>Sozialkompetenz</i>	

<i>Selbstständigkeit</i>	konstruktiv umgehen.		
	Studierende sind fähig, - eigene Stärken und Schwächen einzuschätzen - ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren.		
	Sie sind fähig, eigene Wissenslücken anhand vorgegebener Quellen zu schließen sowie Fachthemen eigenständig zu erarbeiten. Sie sind ferner in der Lage, vorgegebene Aufgabenstellungen sinnvoll zu erweitern und diese sodann mit selbst zu definierenden Konzepten/Ansätzen pragmatisch zu lösen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichten</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>
	Ja	0 %	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	1,5 h Klausur in Polymermatrix Verbundwerkstoffe		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L1626: Angewandte Computermethoden für Materialwissenschaften	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Norbert Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Finite Elemente Methode (Diskretisierung, Solver, Programmierung mit Python, Automatisierte Steuerung und Auswertung von Parameterstudien)  Beispiele der Elastomechanik (Zug, Biegung, Vierpunktbiegung, Kontakt)  Materialverhalten (Elastizität, Plastizität, kleine und große Deformationen, Nichtlinearitäten)  Lösung inverser Probleme (maschinelle Datengenierung, Neuronale Netze, direkte und inverse Lösungen, Existenz und Eindeutigkeit)
<b>Literatur</b>	Alle Vorlesungsmaterialien und Beispiellösungen (Input-Dateien, Python Scripts) werden auf Stud.IP zur Verfügung gestellt.  All lecture material and example solutions (input files, python scripts) will be made available in Stud.IP.

<b>Lehrveranstaltung L1891: Polymermatrix Verbundwerkstoffe</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Herstellung und Eigenschaften von Carbon Nanotubes (CNTs) and Graphenen (FLG)</p> <p>Herstellung und Eigenschaften von 3-dimensionalen Kohlenstoffstrukturen</p> <p>Herstellung und Eigenschaften von Verbunden aus Kohlenstoff-Strukturen und Thermoplasten bzw. Duromeren als Matrix</p>
<b>Literatur</b>	Aktuelle Veröffentlichungen

## Modul M1198: Materialphysik und atomare Materialmodellierung

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Atomare Materialmodellierung (L1672)	Vorlesung	2	2
Materialphysik (L1624)	Vorlesung	2	2
Übungen zur Materialphysik und -modellierung (L2002)	Gruppenübung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Patrick Huber		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Höhere Mathematik, Physik und Chemie für Studierende der Ingenieur- oder Naturwissenschaften		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden sind in der Lage, - die Grundbegriffe der Physik kondensierter Materie wiederzugeben - die Grundlagen für die mikroskopische Struktur und Mechanik, Thermodynamik und Optik von Materialsystemen zusammenzufassen und zu beschreiben		
<i>Wissen</i>	- Konzept und Realisierung moderner Methoden der atomaren Modellierung zu verstehen sowie deren Potential und Grenzen bzgl. der gesteckten Modellierungsziele einschätzen zu können.		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• fortgeschrittene Berechnungen zur Thermodynamik, Mechanik, den elektrischen und optischen Eigenschaften von Systemen der kondensierten Materie durchzuführen.</li> <li>• ihre Kenntnisse auch auf artverwandte Fragestellungen zu übertragen, um thermodynamische und mechanische Berechnungen durchzuführen, z.B. um neue Materialien zu designen.</li> <li>• Geeignete Modellierungsansätze für materialspezifische Probleme zu benennen und einfache Modelle selbst zu entwickeln.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können Lösungen gegenüber Spezialisten präsentieren und Ideen weiterentwickeln.		
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ihren Wissenstand durch klausurnahe Aufgaben selbstständig einzuschätzen und kontinuierlich zu überprüfen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln und sich benötigtes Wissen aneignen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht
-----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Lehrveranstaltung L1672: Atomare Materialmodellierung**

<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Robert Meißner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Warum atomare Materialmodellierung</li> <li>- Newtonsche Bewegungsgleichung und numerisches Lösen</li> <li>- Ergodizität</li> <li>- Atommodelle</li> <li>- Grundlagen der Quantenmechanik</li> <li>- Atomare &amp; Molekulare Mehrelektronensysteme</li> <li>- Hartree-Fock Ansatz und Dichtefunktionaltheorie</li> <li>- Monte-Carlo Verfahren</li> <li>- Molekulardynamiksimulationen</li> <li>- Phasenfeldsimulationen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Daan Frenkel &amp; Berend Smit „Understanding Molecular Simulations“</p> <p>Mark E. Tuckerman „Statistical Mechanics: Theory and Molecular Simulations“</p> <p>Andrew R. Leach „Molecular Modelling: Principles and Applications“</p> <p>Herman J. Berendsen „Simulating the Physical World“</p>

Lehrveranstaltung L1624: Materialphysik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation: „Atome im Maschinenbau?“</li> <li>• Grundbegriffe: Kraft und Energie</li> <li>• Die elektromagnetische Wechselwirkung</li> <li>• „Detour“: Mathematische Grundlagen (komplexe e-Funktion etc.)</li> <li>• Das Atom: Bohrsches Atommodell</li> <li>• Chemische Bindung</li> <li>• Das Vielteilchenproblem: Lösungsansätze und Strategien</li> <li>• Beschreibung von Nahordnungsphänomene mittels statistischer Thermodynamik</li> <li>• Elastizitätstheorie auf atomarer Basis</li> <li>• Konsequenzen des atomaren Verhaltens auf makroskopische Eigenschaften: Diskussion von Beispielen (Metalllegierungen, Halbleiter, Hybridsysteme)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Für den <b>Elektromagnetismus</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bergmann-Schäfer: „Lehrbuch der Experimentalphysik“, Band 2: „Elektromagnetismus“, de Gruyter</li> </ul> <p>Für die <b>Atomphysik</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haken, Wolf: „Atom- und Quantenphysik“, Springer</li> </ul> <p>Für die <b>Materialphysik und Elastizität</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hornbogen, Warlimont: „Metallkunde“, Springer</li> </ul>

Lehrveranstaltung L2002: Übungen zur Materialphysik und -modellierung	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Robert Meißner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Ziel der Veranstaltung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertiefung des Verständnisses des Vorlesungsstoffes in Materialphysik (mikroskopische Struktur, Gitterschwingungen, Dynamik der Elektronen, thermische und elektrische Eigenschaften von Materialien) anhand von Rechenübungen.</li> <li>- Erlernen von Fähigkeiten zur atomistischen Simulation von Materialien auf Basis von ab-initio und klassischen Kraftfeldrechnungen durch Hands-on Tutorials.</li> <li>- Vertiefung des Verständnisses im Umgang mit den Methoden zur atomistischen Simulation durch Rechenübungen in kleinen Gruppen, die die Algorithmen und theoretischen Grundlagen behandeln.</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daan Frenkel &amp; Berend Smit: Understanding Molecular Simulation from Algorithms to Applications</li> <li>- Rudolf Gross und Achim Marx: Festkörperphysik</li> <li>- Neil Ashcroft and David Mermin: Solid State Physics</li> </ul>

## Modul M1218: Ringvorlesung: Multiskalenmaterialien

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Multiskalenmaterialien (L1659)	Vorlesung	6	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Gerold Schneider		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Physik und Chemie, Grundlagen und vertiefende Grundlagen der Werkstoffwissenschaft, Höhere Mathematik, Grundlagen der Elastizitätstheorie		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können ...  ...die grundlegenden chemischen und physikalischen Eigenschaften von Metallen, Keramiken und Polymeren erklären.  ...Korrelationen von chemischen und physikalischen Phänomenen auf der atomaren, mesoskaligen und makroskopischen Ebene und deren Konsequenzen für die makroskopischen Eigenschaften von Materialien herstellen.		
<i>Wissen</i>	Die Studenten sind damit in der Lage, die Abhängigkeit makroskopischer Materialeigenschaften von den darunter liegenden hierarchischen Ebenen zu verstehen.		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage  ...Materialdesign für multiskalige Materialien zu betreiben.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden besitzen ein interdisziplinäres Wissen des aktuellen Forschungsstandes auf dem Gebiet der Multiskalenmaterialien. Damit können sie sowohl mit Materialwissenschaftlern als auch mit Physikern, Chemikern, Maschinenbauern oder Verfahrenstechnikern kompetent und auf die entsprechende Zielgruppe angepasst diskutieren.		
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können...  ... ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln.  ...benötigtes Wissen selbstständig aneignen..		
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten inklusive Diskussion, kurzer Bericht über ein wissenschaftliches Thema		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1659: Multiskalenmaterialien</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung

<b>SWS</b>	6
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerold Schneider, Prof. Norbert Huber, Prof. Stefan Müller, Prof. Patrick Huber, Prof. Manfred Eich, Prof. Bodo Fiedler, Dr. Erica Lilleodden, Prof. Karl Schulte, Prof. Jörg Weißmüller, Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die in dieser Vorlesung behandelten Materialien unterscheiden sich von den „klassischen“ Werkstoffen durch ihre individuelle hierarchische Mikrostruktur. Beim klassischen Gefügedesign wird z.B. durch Wärmebehandlung und gleichzeitige mechanische Verformung die Morphologie des Gefüges eingestellt. Das Material wird schrittweise durch kleine Veränderungen der Struktur oder der chemischen Zusammensetzung auch unter Ausnutzung von Selbstorganisationsprozessen (Ausscheidungslegierungen, Glaskeramiken, eutektische Gefüge) kontinuierlich und stetig optimiert.</p> <p>Die vorgestellten Materialien bestehen aus funktionalisierten elementaren Funktionseinheiten basierend auf Polymer, Keramik, Metall und Carbon Nanotubes (CNT), aus denen makroskopische hierarchische Materialsysteme erzeugt werden, deren charakteristische Längen von der Nanometer- bis zur Zentimeterskala reichen. Diese elementaren Funktionseinheiten sind durch Kern-Schale-Strukturen oder durch in Metallen mittels Legierungskorrosion erzeugte, mit Polymeren gefüllte Hohlräume gegeben.</p> <p>Dabei werden drei Klassen von Materialsystemen vorgestellt:</p> <p>Zum einen handelt es sich um hierarchisch strukturierte Keramik/Metall-Polymer-Materialsysteme ähnlich den natürlichen Vorbildern Perlmutter (1 hierarchische Ebene), Zahnschmelz (3 hierarchische Ebenen) oder Knochen (5 hierarchische Ebenen). Ausgehend von einer elementaren Funktionseinheit bestehend aus einem von einer Polymerhülle umgebenen keramischen Nanoteilchen, resultiert ein Material, in dem auf allen hierarchischen Ebenen alternierend „harte“ Teilchen, bestehend aus der jeweils niedrigeren hierarchischen Ebene, von weichen Polymeren umgeben sind. Die dadurch auf jeder hierarchischen Ebene erzeugte Kern-Schale-Struktur ist der grundsätzliche Unterschied zu einem Verbundwerkstoff mit einem starren interpenetrierenden keramischen oder metallischen Netzwerk.</p> <p>Das zweite vorgestellte Materialsystem basiert auf nanoporösem Gold, das als Prototypmaterial für neuartige Bauteile im strukturellen Leichtbau mit gleichzeitig aktorischen Eigenschaften vorgestellt wird. Behandelt werden die Materialherstellung und die daraus resultierenden skalenspezifischen mechanischen Eigenschaften. Darüber hinaus wird in die damit verbundenen skalenübergreifende theoretischen Modelle zum mechanischen Verhalten eingeführt. Dies beinhaltet den gesamten Skalenbereich von der elektronischen Struktur auf atomarer Skala bis hin zu zentimetergroßen, makroskopischen Probekörpern.</p> <p>Neuartige hierarchische nanostrukturierte Materialsysteme auf der Basis von thermisch stabilen Keramiken und Metallen für die Photonik bei hohen Temperaturen mit Anwendungsperspektiven für thermophotovoltaische Systeme (TPV) und Thermal Barrier Coatings (TBC) sind der dritte Werkstoffbereich der Vorlesung. Insbesondere sind hier direkte und invertierte 3D-photonische Kristallstrukturen (PhK) und neuartige optisch hyperbolische Medien zu nennen. Die PhK weisen aufgrund ihrer Periodizität und des Brechungsindexkontrastes eine photonische Bandstruktur auf, die mit photonischen Bandlücken, mit Bereichen besonders hoher photonischer Zustandsdichten und mit speziellen Dispersionsrelationen einhergeht. Die dargestellten Eigenschaften sollen hier genutzt werden, um in TBCs thermische Strahlung stark und gerichtet zu reflektieren bzw. um in TPV-Systemen Strahlung effektiv und effizient zu koppeln.</p>
<b>Literatur</b>	Aktuelle Publikationen

## Modul M1170: Phänomene und Methoden der Materialwissenschaften

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Experimentelle Methoden der Materialcharakterisierung (L1580)	Vorlesung	2	3
Phasengleichgewichte und Umwandlungen (L1579)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Patrick Huber		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in Werkstoffwissenschaften, z.B. aus den Modulen Werkstoffwissenschaft I/II		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können die Eigenschaften von modernen Hochleistungswerkstoffen sowie deren Einsatz in der Technik erläutern. Sie können die werkstoffwissenschaftliche Bedeutung und Anwendung von metallischen Werkstoffen, Keramiken, Polymeren, Halbleitern sowie von modernen Kompositmaterialien (insbesondere Biomaterialien) und Nanomaterialien beschreiben.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind nach dem Erlernen grundlegender Prinzipien des Materialdesigns in der Lage, selbst neue Materialkonfigurationen mit gewünschten Eigenschaften zusammenzustellen. Die Studierenden können einen Überblick über moderne Werkstoffe geben und optimale Werkstoffkombinationen für vorgegebene Anwendungen zusammenstellen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können Lösungen gegenüber Spezialisten präsentieren und Ideen weiterentwickeln.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln.</li> <li>• benötigtes Wissen aneignen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1580: Experimentelle Methoden der Materialcharakterisierung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturelle Charakterisierungsmethoden mit Photonen, Neutronen und Elektronen (insbesondere Röntgen- und Neutronenbeugung, Elektronenmikroskopie, Tomographietechniken, grenzflächensensitive Methoden)</li> <li>• Mechanische und thermodynamische Charakterisierungsmethoden (Indentermessungen)</li> <li>• Charakterisierung von optischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften (Spektroskopie, elektrische Leitfähigkeit, Magnetometrie)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	William D. Callister und David G. Rethwisch, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, Wiley&Sons, Asia (2011). William D. Callister, Materials Science and Technology, Wiley& Sons, Inc. (2007).

Lehrveranstaltung L1579: Phasengleichgewichte und Umwandlungen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Jörg Weißmüller
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Grundlagen der statistischen Physik, formale Struktur der phänomenologischen Thermodynamik, einfache atomistische Modelle und freie Energiefunktionen für Mischkristalle und Verbindungen. Korrekturen bei nichtlokaler Wechselwirkung (Elastizität, Gradiententerme). Phasengleichgewicht und Legierungsphasendiagramme als Konsequenz daraus. Einfache atomistische Betrachtungen für Wechselwirkungsenergien in metallischen Mischkristallen. Diffusion in realen Systemen. Kinetik von Phasenumwandlungen unter anwendungsrelevanten Randbedingungen. Partitionierung, Stabilität und Morphologie an Erstarrungsfronten. Ordnung von Phasenübergängen, Glasübergang. Phasenübergänge in nano- und mikroskaligen Systemen.
<b>Literatur</b>	Wird im Rahmen der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Modul M1219: Fortgeschrittenenpraktikum Materialwissenschaften			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Fortgeschrittenenpraktikum Materialwissenschaftlichen (L1653)	Laborpraktikum	6	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jörg Weißmüller		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse in Materialwissenschaften		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden erwerben Kenntnisse über ausgewählte Experimentierverfahren der Materialwissenschaft. Sie kennen den Ablauf repräsentativer Experimente, typisch mit Probenpräparation und Vorbereitungen, Charakterisierung, Datenreduktion, Auswertung, Fehlerdiskussion und Interpretation der Ergebnisse.		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	Die Studierenden können		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachversuche nach Einweisung selbstständig ausführen</li> <li>• Messdaten analysieren</li> <li>• die Ergebnisse kritisch bewerten und die Implikationen im fachlichen Kontext erkennen</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können		
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in Teamarbeit Versuche durchzuführen und ein Protokoll erarbeiten</li> <li>• wissenschaftliche Themen in Vortragsform einem Fachpublikum vorstellen</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sich in effektiv selbstorganisierter Weise die Praktikumsinhalte mit wissenschaftlicher Methodik erschließen</li> <li>• die Versuchsergebnisse sowie die zugrundeliegende Vorgehensweise eigenständig schriftlich darzustellen</li> <li>• weiteren Informationsbedarf zu erkennen und eine Strategie zu entwickeln, um ihr Wissen selbstständig zu erweitern</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Schriftliche Ausarbeitung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	ca. 25 Seiten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1653: Fortgeschrittenenpraktikum Materialwissenschaftlichen</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	6
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
<b>Dozenten</b>	Prof. Jörg Weißmüller, Prof. Stefan Müller, Prof. Patrick Huber, Prof. Bodo Fiedler, Prof. Gerold Schneider
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>siehe Versuchsbeschreibungen auf StudIP</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verarbeitung, Eigenschaften und Struktur von Kunststoffen und deren Verbundwerkstoffen</li> <li>• Flüssigkeitstransport durch poröse Materialien</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Versuchsbeschreibungen sowie die dort angegebenen Literaturverweise auf StudIP</li> </ul>

## Modul M1226: Mechanische Eigenschaften

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Mechanisches Verhalten spröder Materialien (L1661)	Vorlesung	2	3
Theorie der Versetzungsplastizität (L1662)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Erica Lilleodden		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Werkstoffwissenschaften I/II		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende können in der Kristallographie, Statik (Freikörperbilder, Traktionen) Grundlagen der Thermodynamik (Energieminimierung, Energiebarrieren, Entropie) grundlegende Konzepte erklären.		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	Studierende sind in der Lage, standardisierte Berechnungsmethoden durchzuführen: Tensor Berechnungen, Ableitungen, Integrale, Tensor-Transformationen		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können:		
<i>Sozialkompetenz</i>	- angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind fähig: - eigene Stärken und Schwächen allgemein einzuschätzen - angeleitet durch Lehrende ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren. - selbständig auf Basis von Vorträgen zu arbeiten um Probleme zu lösen, und, wenn nötig, um Hilfe oder Klarstellungen zu bitten		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1661: Mechanisches Verhalten spröder Materialien	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerold Schneider
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Theoretische Festigkeit</b> eines perfekten Materials, theoretische kritische Schubspannung</p> <p><b>Tatsächliche Festigkeit von spröden Materialien</b> Energiefreisetzungsrate, Spannungsintensitätsfaktor, Bruchkriterium</p> <p><b>Streuung der Festigkeit</b> Fehlerverteilung, Festigkeitsverteilung, Weibullverteilung</p> <p><b>Heterogene Materialien I</b> Innere Spannungen, Mikrorisse, Stoffgesetze (E-Modul parallel, senkrecht)</p> <p><b>Heterogene Materialien II</b> Verstärkungsmechanismen: Rissbrücken, Faser</p> <p><b>Heterogene Materialien III</b> Verstärkungsmechanismen: Prozesszone</p> <p><b>Messmethoden der zur Bestimmung der Bruchzähigkeit spröder Materialien</b></p> <p><b>R-Kurve, stabiles/ instabile Risswachstum, Fraktographie</b></p> <p><b>Thermoschock</b></p> <p><b>Unterkritisches Risswachstum</b> v-K-Kurve, Lebensdauerberechnung</p> <p><b>Kriechen</b></p> <p><b>Mechanische Eigenschaften von biologischen Materialien</b></p> <p><b>Anwendungsbeispiele zur mechanischen zuverlässigen Auslegung keramischer Bauteile</b></p>
<b>Literatur</b>	<p>D R H Jones, Michael F. Ashby, Engineering Materials 1, An Introduction to Properties, Applications and Design, Elsevier</p> <p>D.J. Green, An introduction to the mechanical properties of ceramics", Cambridge University Press, 1998</p> <p>B.R. Lawn, Fracture of Brittle Solids", Cambridge University Press, 1993</p> <p>D. Munz, T. Fett, Ceramics, Springer, 2001</p> <p>D.W. Richerson, Modern Ceramic Engineering, Marcel Decker, New York, 1992</p>

Lehrveranstaltung L1662: Theorie der Versetzungsplastizität	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Erica Lilleodden
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Dieser Kurs deckt die Grundsätze der Versetzungstheorie aus einer metallkundlichen Perspektive ab und bietet ein grundlegendes Verständnis der Beziehungen zwischen mechanischen Eigenschaften und Defektverteilungen.</p> <p>Wir werden das Konzept von Versetzungen betrachten und einen Überblick über wichtige Konzepte (z.B. lineare Elastizität, Spannungs-Dehnungs-Beziehungen, und Stressverformung) für Theorieentwicklung erhalten. Wir werden die Theorie der Versetzungsplastizität durch abgeleitete Spannungs- und Dehnungs-Felder, dazugehörige Energien, und der induzierten Kräfte auf Versetzungen aufgrund interner und externer Spannungen entwickeln. Versetzungsstrukturen werden diskutiert, inkl. Kernstrukturmodelle, Stapelfehlern und Versetzungs-Arrays (inkl. einer Beschreibung der Grenzfläche). Mechanismen von Versetzungsmultiplikation und -Verfestigung werden abgedeckt, genau so wie generelle Prinzipien von Kriechverhalten und Dehngeschwindigkeitsempfindlichkeit. Weitere Themen beinhalten nicht-FCC Versetzungen mit einem Fokus auf dem Unterschied in Struktur und korrespondierenden Implikationen auf Versetzungsmobilität und makroskopischem mechanischen Verhalten; und Versetzungen in finiten Volumen.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Vorlesungsskript</p> <p>Aktuelle Publikationen</p> <p>Bücher:</p> <p>Introduction to Dislocations, by D. Hull and D.J. Bacon</p> <p>Theory of Dislocations, by J.P. Hirth and J. Lothe</p> <p>Physical Metallurgy, by Peter Hassen</p>

Modul M1199: Moderne Funktionsmaterialien			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Moderne Funktionsmaterialien (L1625)	Vorlesung	2	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Patrick Huber		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in Werkstoffwissenschaften, z.B. aus den Modulen Werkstoffwissenschaft I/II		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die Eigenschaften von modernen Hochleistungswerkstoffen sowie deren Einsatz in der Technik erläutern. Sie können die werkstoffwissenschaftliche Bedeutung und Anwendung von metallischen Werkstoffen, Keramiken, Polymeren, Halbleitern sowie von modernen Kompositmaterialien (insbesondere Biomaterialien) und Nanomaterialien beschreiben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind nach dem Erlernen grundlegender Prinzipien des Materialdesigns in der Lage, selbst neue Materialkonfigurationen mit gewünschten Eigenschaften zusammenzustellen. Die Studierenden können einen Überblick über moderne Werkstoffe geben und optimale Werkstoffkombinationen für vorgegebene Anwendungen zusammenstellen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können Lösungen gegenüber Spezialisten präsentieren und Ideen weiterentwickeln.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln.</li> <li>• benötigtes Wissen aneignen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1625: Moderne Funktionsmaterialien</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber, Prof. Stefan Müller, Prof. Bodo Fiedler, Prof. Gerold Schneider, Prof. Jörg Weißmüller, Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	1. Poröse Festkörper – Präparation, Charakterisierung und Funktionalitäten 2. Fluidik mit nanoporösen Membranen 3. Thermoplastische Elastomere 4. Eigenschaftsoptimierung von Kunststoffen durch Nanopartikel 5. Faserverbundwerkstoffe 6. Werkstoffmodellierung auf quantenmechanischer Basis 7. Biomaterialien
<b>Literatur</b>	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

## Modul M1221: Studienarbeit Moderne Probleme der Materialwissenschaften

Lehrveranstaltungen	
Titel	Typ
	SWS
	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jörg Weißmüller
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse in Materialwissenschaften
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Auf dem Gebiet der Studienarbeit können die Studierenden zum Stand der Forschung, Entwicklung oder Anwendung Beispiele geben und diese kritisch unter Berücksichtigung aktueller Probleme und Rahmenbedingungen in Wissenschaft und Gesellschaft diskutieren.</p>
<i>Wissen</i>	<p>Sie kennen die für die spezifische Fragestellung relevanten materialwissenschaftlichen Grundlagen sowie geeignete methodische Ansätze zur Lösung der Problemstellung der Studienarbeit.</p>
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Die Studierenden haben sich mit der Vorgehensweise zur selbständigen Erarbeitung des Hintergrundwissens für die Lösungen eines materialwissenschaftlichen Spezialthemas vertraut gemacht. Sie können hierfür relevante Ressourcen (zum Beispiel Suchmaschinen und Datenbanken für wissenschaftliche Publikationen oder Patente) nutzen.</p> <p>Sie sind vertraut mit dem Verfassen eines auf ein Fachpublikum zielenden Berichts, einschließlich der Konventionen für Gliederung, Literaturzitate und Bibliografie.</p> <p>Wissenschaftliche Arbeitstechniken, die sie zur eigenen Projektbearbeitung gewählt haben, können sie detailliert darlegen und kritisch erörtern.</p> <p>Die Studierenden können selbstständig Experimente, Berechnungen oder Simulationen zum Spezialthema der Studienarbeit durchführen, die Daten analysieren und die Ergebnisse kritisch diskutieren.</p>
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftliche Ergebnisse Zielgruppengerecht diskutieren</li> <li>• Ergebnisse in einer Studienarbeit dokumentieren</li> <li>• wissenschaftlicher Themen in Vortragsform präsentieren</li> </ul>
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind vertraut mit den Herausforderungen und der Vorgehensweise bei der selbständigen Lösung einer neuen Forschungsaufgabe auf dem Gebiet der Materialwissenschaft (siehe dazu auch Fachkompetenz/Fertigkeiten).
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 360, Präsenzstudium 0
<b>Leistungspunkte</b>	12
<b>Studienleistung</b>	Keine
<b>Prüfung</b>	Studienarbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut FSPO
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Kernqualifikation: Pflicht

## Fachmodule der Vertiefung Konstruktionswerkstoffe

In der Vertiefung Konstruktionswerkstoffe erlernen die Studierenden die ingenieurmäßige Anwendung der verschiedenen Werkstoffgruppen auch unter technologischen Gesichtspunkten. Die Studierenden sind in der Lage Entscheidungen bzgl. der Werkstoffauswahl, Fertigung, Qualitätssicherung und Schadensbewertung durchzuführen.

Modul M1342: Kunststoffe			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Aufbau und Eigenschaften der Kunststoffe (L0389)	Vorlesung	2	3
Verarbeitung und Konstruieren mit Kunststoffen (L1892)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Hans Wittich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen aus der Chemie / Physik / Werkstoffkunde		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Grundlagen der Kunststoffe wiedergeben und kennen die entsprechenden Prüf- und Analysemethoden.</li> </ul> <p><i>Wissen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die komplexen Zusammenhänge Struktur-Eigenschaftsbeziehung erklären.</li> <li>- die Wechselwirkungen von chemischen Aufbau der Polymere unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern (z.B. Nachhaltigkeit, Umweltschutz).</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Studierende sind in der Lage standardisierte Berechnungsmethoden in einem angegebenen Kontext einzusetzen, um</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mechanische Eigenschaften (Modul, Festigkeit) zu berechnen und die unterschiedlichen Materialien zu bewerten.</li> <li>- für werkstoffliche Probleme geeignete Lösungen auszuwählen und zu dimensionieren, z.B. Steifigkeit, Korrosion, Festigkeit.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in heterogenen Gruppen zu fundierten Arbeitsergebnissen kommen und diese dokumentieren.</li> </ul> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Studierende sind fähig,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eigene Stärken und Schwächen einzuschätzen</li> <li>- ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren.</li> <li>- mögliche Konsequenzen ihres beruflichen Handelns einzuschätzen.</li> </ul>		

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
<b>Leistungspunkte</b>	6
<b>Studienleistung</b>	Keine
<b>Prüfung</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	180 min
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Pflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht

<b>Lehrveranstaltung L0389: Aufbau und Eigenschaften der Kunststoffe</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Hans Wittich
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe</li> <li>- Aufbau des Makromoleküls Konstitution, Konfiguration, Konformation, Bindungen, Polyreaktionen, Molekulargewichtsverteilung</li> <li>- Morphologie Amorph, Kristallisation, Mischungen</li> <li>- Eigenschaften Elastizität, Plastizität, Wechselbelastungen,</li> <li>- Thermische Eigenschaften,</li> <li>- Elektrische Eigenschaften</li> <li>- Theoretische Modelle zur Vorhersage der Eigenschaften</li> <li>- Anwendungsbeispiele</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Ehrenstein: Polymer-Werkstoffe, Carl Hanser Verlag

Lehrveranstaltung L1892: Verarbeitung und Konstruieren mit Kunststoffen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler, Dr. Hans Wittich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Verarbeitung der Kunststoffe: Eigenschaften; Kalandrieren; Extrusion; Spritzgießen; Thermoformen; Schäumen; Fügen</p> <p>Designing with Polymers: Materials Selection; Structural Design; Dimensioning</p>
<b>Literatur</b>	<p>Osswald, Menges: Materials Science of Polymers for Engineers, Hanser Verlag</p> <p>Crawford: Plastics engineering, Pergamon Press</p> <p>Michaeli: Einführung in die Kunststoffverarbeitung, Hanser Verlag</p> <p>Konstruieren mit Kunststoffen, Gunter Erhard , Hanser Verlag</p>

Modul M1344: Verarbeitung von Faser-Kunststoff-Verbunde			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Verarbeitung von Faser-Kunststoff-Verbunde (L1895)	Vorlesung	2	3
Vom Molekül zum Composite Bauteil (L1516)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Bodo Fiedler		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in den Grundlagen der Chemie / Physik / Werkstoffkunde		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können einen Überblick über die fachlichen Details der Verarbeitung von Verbunderkstoffen geben und können ihre Zusammenhänge erklären. Sie können relevante Problemstellungen in fachlicher Sprache beschreiben und kommunizieren. Sie können den typischen Ablauf bei der Lösung praxisnaher Probleme schildern und Ergebnisse präsentieren.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden können ihr Grundlagenwissen aus dem Maschinenbau in die Lösung praktischer Aufgabenstellung transferieren. Sie erkennen und überwinden typische Probleme bei der Umsetzung maschinenbaulicher Projekte. Sie können für nicht-standardisierte Fragestellungen Lösungskonzepte erarbeiten, vergleichen und auswählen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können in kleinen, fachlich gemischten Gruppen gemeinsam Lösungen für maschinenbauliche Probleme entwickeln und diese einzeln oder in Gruppen vor Fachpersonen präsentieren und erläutern. Sie können alternative Lösungswege einer maschinenbaulichen Aufgabenstellung eigenständig oder in Gruppen entwickeln sowie Vor- bzw. Nachteile diskutieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind in der Lage anhand von zur Verfügung gestellten Unterlagen maschinenbauliche Fragestellungen selbstständig zu lösen. Sie sind fähig, eigene Wissenslücken anhand vorgegebener Quellen zu schließen sowie Fachthemen eigenständig zu erarbeiten. Sie sind ferner in der Lage vorgegebene Aufgabenstellungen sinnvoll zu erweitern und diese sodann mit selbst zu definierenden Konzepten/Ansätzen pragmatisch zu lösen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1895: Verarbeitung von Faser-Kunststoff-Verbunde	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Verarbeitung der Verbundwerkstoffe: Handlaminieren; Pre-Preg; GMT; BMC; SMC; RIM; Pultrusion; Wickelverfahren
<b>Literatur</b>	Åström: Manufacturing of Polymer Composites, Chapman and Hall

Lehrveranstaltung L1516: Vom Molekül zum Composite Bauteil	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die Studierenden bekommen die Aufgabenstellung in Form einer Kundenanfrage für die Entwicklung und Fertigung eines MTB-Lenkers aus Faserverbundwerkstoffen. In der Aufgabenstellung sind technische und normative Anforderungen angeführt, alle weiteren benötigten Informationen kommen aus den Vorlesungen und Übungen bzw. den jeweiligen Unterlagen (elektronisch und im Gespräch).</p> <p>Der Ablauf ist in einem Meilensteinplan angeben und ermöglicht den Studierenden Teilaufgaben zu planen und so kontinuierlich zu arbeiten. Bei Projektende besitzt jede Gruppe einen selbst gefertigten Lenker mit geprüfter Qualität.</p> <p>In den einzelnen Projekttreffen werden die Konzeption (Diskussion der Anforderungen und Risiken) hinterfragt. Die Berechnungen analysiert, die Fertigungsmethoden evaluiert und festgelegt. Materialien werden ausgewählt und der Lenker wird gefertigt. Die Qualität und die mechanischen Eigenschaften werden geprüft und eingeordnet. Am Ende Abschlussbericht erstellt (Zusammenstellung der Ergebnisse für den „Kunden“).</p> <p>Nach der Prüfung während des „Kunden/Lieferanten Gesprächs“ gibt es ein gegenseitiges Feedback-gespräch („lessons learned“), um die kontinuierliche Verbesserung sicher zu stellen .</p>
<b>Literatur</b>	Customer Request ("Handout")

## Modul M1343: Fibre-polymer-composites

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L1894)	Vorlesung	2	3
Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden (L1893)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Bodo Fiedler		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics: chemistry / physics / materials science		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Students can use the knowledge of fiber-reinforced composites (FRP) and its constituents to play (fiber / matrix) and define the necessary testing and analysis.		
<i>Wissen</i>	They can explain the complex relationships structure-property relationship and the interactions of chemical structure of the polymers, their processing with the different fiber types, including to explain neighboring contexts (e.g. sustainability, environmental protection).		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are capable of <ul style="list-style-type: none"> <li>using standardized calculation methods in a given context to mechanical properties (modulus, strength) to calculate and evaluate the different materials.</li> <li>approximate sizing using the network theory of the structural elements implement and evaluate.</li> <li>selecting appropriate solutions for mechanical recycling problems and sizing example stiffness, corrosion resistance.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Students can		
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>arrive at funded work results in heterogenius groups and document them.</li> <li>provide appropriate feedback and handle feedback on their own performance constructively.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>- assess their own strengths and weaknesses.</li> <li>- assess their own state of learning in specific terms and to define further work steps on this basis.</li> <li>- assess possible consequences of their professional activity.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	180 min		
	Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Kabinensysteme: Wahlpflicht		

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Lufttransportsysteme und Flugzeugvorentwurf: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Kernqualifikation: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Pflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht
-----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Lehrveranstaltung L1894: Structure and properties of fibre-polymer-composites</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Microstructure and properties of the matrix and reinforcing materials and their interaction</li> <li>- Development of composite materials</li> <li>- Mechanical and physical properties</li> <li>- Mechanics of Composite Materials</li> <li>- Laminate theory</li> <li>- Test methods</li> <li>- Non destructive testing</li> <li>- Failure mechanisms</li> <li>- Theoretical models for the prediction of properties</li> <li>- Application</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Hall, Clyne: Introduction to Composite materials, Cambridge University Press Daniel, Ishai: Engineering Mechanics of Composites Materials, Oxford University Press Mallick: Fibre-Reinforced Composites, Marcel Dekker, New York

<b>Lehrveranstaltung L1893: Design with fibre-polymer-composites</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Designing with Composites: Laminate Theory; Failure Criteria; Design of Pipes and Shafts; Sandwich Structures; Notches; Joining Techniques; Compression Loading; Examples
<b>Literatur</b>	Konstruieren mit Kunststoffen, Gunter Erhard , Hanser Verlag

Modul M0595: Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse (L0260)	Vorlesung	4	4
Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse (L0261)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Frank Schmidt-Döhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Kenntnisse in Baustoffkunde oder Werkstoffkunde, z.B. über das Modul Baustoffe und Bauchemie		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden sind in der Lage die Regeln für das Handeln mit sowie die Anwendung und Kennzeichnung von Bauprodukten in Deutschland zu beschreiben. Sie wissen welche Methoden zur Ermittlung von Baustoffeigenschaften zur Verfügung stehen und welche Grenzen und Charakteristika die wichtigsten Methoden haben.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden können selbstständig die Regeln für das Handeln mit und die Verwendbarkeit von Bauprodukten in Deutschland ermitteln. Sie können geeignete Prüfmethode für die Überwachung von Bauprodukten, die Untersuchung von Schadensprozessen sowie für die Bauzustandsanalyse auswählen. Sie können von Symptomen auf die Ursache von Bauschäden schließen. Sie sind in der Lage die Ergebnisse einer Materialprüfung in einem Untersuchungsbericht oder Gutachten zusammenzufassen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können die unterschiedlichen Rollen von Herstellern sowie von Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungstellen beschreiben, die im Rahmen der Materialprüfung zum Tragen kommen. Das gleiche gilt für die unterschiedlichen Rollen der verschiedenen Beteiligten in gerichtlichen Auseinandersetzungen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind in der Lage sich das Fachwissen eines sehr umfangreichen Fachgebietes anzueignen und die dafür notwendige terminliche Planung und notwendigen Arbeitsschritte durchzuführen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenanbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Bauingenieurwesen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0260: Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Frank Schmidt-Döhl
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Materialprüfung und Kennzeichnung von Bauprodukten, Untersuchungsmethoden für Baustoffe und Bauteile, Untersuchungsberichte und Gutachten, Bauzustandsbeschreibung, vom Symptom zur Schadensursache
<b>Literatur</b>	Frank Schmidt-Döhl: Materialprüfung im Bauwesen. Fraunhofer irb-Verlag, Stuttgart, 2013.

<b>Lehrveranstaltung L0261: Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Frank Schmidt-Döhl
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1291: Materialwissenschaftliches Seminar			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Seminar Metallische Nanomaterialien (L1757)	Seminar	2	3
Seminar Verbundwerkstoffe (L1758)	Seminar	2	3
Seminar keramische Hochleistungsmaterialien (L1801)	Seminar	2	3
Seminar zu grenzflächenbestimmten Materialien (L1795)	Seminar	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jörg Weißmüller		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse Nanomaterialien, Elektrochemie, Grenzflächenphysik, Mechanik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können die wichtigsten Sachverhalte und Zusammenhänge eines vorgegebenen Themas aus der Materialwissenschaft verständlich erklären.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, ein vorgegebenes Thema aus der Materialwissenschaft zu erarbeiten und eine klare, strukturierte und verständliche Präsentation des Stoffes zu geben. Sie können eine vorgegebene Zeitdauer des Vortrags einhalten. Sie können eine schriftliche Zusammenfassung einschließlich Illustrationen in englischer Sprache verfassen, die die wichtigsten Ergebnisse, Zusammenhänge und Erläuterungen des Stoffes enthält.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können sich hinsichtlich Inhalt, Detailliertheit und Präsentationsstil ihres Vortrags auf die Zusammensetzung und die Vorkenntnisse der Zuhörerschaft einstellen. Sie können Fragen aus dem Auditorium knapp und präzise beantworten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind in der Lage, selbstständig eine Literaturrecherche zu einem gegebenen Thema durchzuführen. Sie sind in der Lage, selbstständig zu entscheiden, welche Teile des Materials im Vortrag aufgenommen werden sollten.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1757: Seminar Metallische Nanomaterialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Jörg Weißmüller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1758: Seminar Verbundwerkstoffe</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1801: Seminar keramische Hochleistungsmaterialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerold Schneider
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1795: Seminar zu grenzflächenbestimmten Materialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M1345: Metallische und Hybride Werkstoffe für den Leichtbau			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Fügen von Polymer-Metall Leichtbaustrukturen (L0500)	Vorlesung	2	2
Fügen von Polymer-Metall Leichtbaustrukturen (L0501)	Laborpraktikum	1	1
Metallische Werkstoffe für den Leichtbau (L1660)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sergio de Traglia Amancio Filho		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	180 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0500: Joining of Polymer-Metal Lightweight Structures	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Marcus Rutner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Contents:</b></p> <p>The lecture and the related laboratory exercises intend to provide an insight on advanced joining technologies for polymer-metal lightweight structures used in engineering applications. A general understanding of the principles of the consolidated and new technologies and its main fields of applications is to be accomplished through theoretical and practical lectures.</p> <p><b>Theoretical Lectures:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Review of the relevant properties of Lightweight Alloys, Engineering Plastics and Composites in Joining Technology</li> <li>• Introduction to Welding of Lightweight Alloys, Thermoplastics and Fiber Reinforced Plastics</li> <li>• Mechanical Fastening of Polymer-Metal Hybrid Structures</li> <li>• Adhesive Bonding of Polymer-Metal Hybrid Structures</li> <li>• Fusion and Solid State Joining Processes of Polymer-Metal Hybrid Structures</li> <li>• Hybrid Joining Methods and Direct Assembly of Polymer-Metal Hybrid Structures</li> </ul> <p><b>Laboratory Exercises:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Joining Processes: Introduction to state-of-the-art joining technologies</li> <li>• Introduction to metallographic specimen preparation, optical microscopy and mechanical testing of polymer-metal joints</li> </ul> <p><b>Course Outcomes:</b></p> <p>After successful completion of this unit, students should be able to understand the principles of welding and joining of polymer-metal lightweight structures as well as their application fields.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. T. Amancio-Filho, L.-A. Blaga, Joining of Polymer-Metal Hybrid Structures, Wiley, 2018</li> <li>• J.F. Shackelford, Introduction to materials science for engineers, Prentice-Hall International</li> <li>• J. Rotheiser, Joining of Plastics, Handbook for designers and engineers, Hanser Publishers</li> <li>• D.A. Grewell, A. Benatar, J.B. Park, Plastics and Composites Welding Handbook</li> <li>• D. Lohwasser, Z. Chen, Friction Stir Welding, From basics to applications, Woodhead Publishing Limited</li> <li>• J. Friedrich, Metal-Polymer Systems: Interface Design and Chemical Bonding, Wiley, 2017</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0501: Joining of Polymer-Metal Lightweight Structures	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Marcus Rutner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1660: Metallische Werkstoffe für den Leichtbau	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Karl-Ulrich Kainer
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
	<p>Leichtbau</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strukturleichtbau</li> <li>- Stoffleichtbau</li> <li>- Auswahlkriterien für metallische Leichtbauwerkstoffe</li> </ul> <p>Stahl als Leichtbauwerkstoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Grundlagen der Stähle</li> <li>- Moderne Stähle für den Leichtbau:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feinkornstähle</li> <li>- Hochfeste niedriglegierte Stähle</li> <li>- Mehrphasenstähle (Dual-Phasen, TRIP)</li> <li>- Schweißbarkeit</li> <li>- Anwendungsbeispiele</li> </ul> </li> </ul> <p>Aluminium-Legierungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Grundlagen der Aluminiumwerkstoffe</li> <li>- Legierungssysteme</li> </ul>

<p><b>Inhalt</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nichtaushärtbare Al-Legierungen: Verarbeitung und Mikrostruktur, mechanische Eigenschaften und Anwendungen</li> <li>- Aushärtbare Al-Legierungen: Verarbeitung und Mikrostruktur, mechanische Eigenschaften und Anwendungen</li> </ul> <p>Magnesium-Legierungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Grundlagen der Magnesiumwerkstoffe</li> <li>- Legierungssysteme</li> <li>- Magnesium-Gusswerkstoffe, Verarbeitung, Mikrostruktur und Eigenschaften</li> <li>- Magnesium-Knetlegierungen, Verarbeitung, Mikrostruktur und Eigenschaften</li> <li>- Anwendungsbeispiele</li> </ul> <p>Titan-Legierungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Grundlagen der Titanwerkstoffe</li> <li>- Legierungssysteme</li> <li>- Verarbeitung, Mikrostruktur und Eigenschaften</li> <li>- Anwendungsbeispiele</li> </ul> <p>Übungen und Exkursionen</p>
<p><b>Literatur</b></p>	<p>George Krauss, Steels: Processing, Structure, and Performance, 978-0-87170-817-5, 2006, 613 S.</p> <p>Hans Berns, Werner Theisen, Ferrous Materials: Steel and Cast Iron, 2008. <a href="http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-71848-2">http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-71848-2</a></p> <p>C. W. Wegst, Stahlschlüssel = Key to steel = La Clé des aciers = Chiave dell'acciaio = Liave del acero ISBN/ISSN: 3922599095</p> <p>Bruno C., De Cooman / John G. Speer: Fundamentals of Steel Product Physical Metallurgy, 2011, 642 S.</p> <p>Harry Chandler, Steel Metallurgy for the Non-Metallurgist 0-87170-652-0, 2006, 84 S.</p> <p>Catrin Kammer, Aluminium Taschenbuch 1, Grundlagen und Werkstoffe, Beuth, 16. Auflage 2009. 784 S., ISBN 978-3-410-22028-2</p> <p>Günter Drossel, Susanne Friedrich, Catrin Kammer und Wolfgang Lehnert, Aluminium Taschenbuch 2, Umformung von Aluminium-Werkstoffen, Gießen von Aluminiumteilen, Oberflächenbehandlung von Aluminium, Recycling und Ökologie, Beuth, 16. Auflage 2009. 768 S., ISBN 978-3-410-22029-9</p>

Catrin Kammer, Aluminium Taschenbuch 3, Weiterverarbeitung und Anwendung, Beuth, 17. Auflage 2014. 892 S., ISBN 978-3-410-22311-5

G. Lütjering, J.C. Williams: Titanium, 2nd ed., Springer, Berlin, Heidelberg, 2007, ISBN 978-3-540-71397

Magnesium - Alloys and Technologies, K. U. Kainer (Hrsg.), Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN 3-527-30570-x

Mihriban O. Pekguleryuz, Karl U. Kainer and Ali Kaya "Fundamentals of Magnesium Alloy Metallurgy", Woodhead Publishing Ltd, 2013, ISBN 10: 0857090887

## Fachmodule der Vertiefung Modellierung

Modul M1151: Werkstoffmodellierung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Werkstoffmodellierung (L1535)	Vorlesung	2	3
Werkstoffmodellierung (L1536)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Christian Cyron		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der linearen und nichtlinearen Kontinuumsmechanik wie z.B. in den Modulen Mechanik II und Kontinuumsmechanik unterrichtet (Kräfte und Drehmomente, Spannungen, lineare und nichtlineare Verzerrungsmaße, Schnittprinzip, lineare und nichtlineare Konstitutivgesetze, Verzerrungsenergie).		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können die Grundlagen von mehrdimensionalen Werkstoffgesetzen erläutern.		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	Die Studierenden können eigene Materialmodelle in ein Finite Elemente Programm implementieren. Insbesondere können Sie Ihre Kenntnisse auf verschiedene Problemstellung aus der Materialwissenschaft anwenden und Materialmodelle entsprechend bewerten.		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können Lösungen entwickeln, gegenüber Spezialisten präsentieren und Ideen weiterentwickeln.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<b>Selbstständigkeit</b>	Die Studierenden können ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln. Sie können selbstständig und eigenverantwortlich Probleme im Bereich der Werkstoffmodellierung identifizieren und lösen und sich dafür benötigtes Wissen aneignen.		
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Wissenschaftliches Rechnen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1535: Werkstoffmodellierung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Finite-Element Methode</li> <li>• Grundlagen der Materialmodellierung</li> <li>• Einführung in die numerische Umsetzung von Materialgesetzen</li> <li>• Übersicht über die Modellierung verschiedener Werkstoffklassen</li> <li>• Verknüpfung von makroskopischen Größen zu mikromechanischen Vorgängen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>D. Raabe: Computational Materials Science, The Simulation of Materials, Microstructures and Properties, Wiley-Vch</p> <p>J. Bonet, R.D. Wood, Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge</p> <p>G. Gottstein., Physical Foundations of Materials Science, Springer</p>

Lehrveranstaltung L1536: Werkstoffmodellierung	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Finite-Element Methode</li> <li>• Grundlagen der Materialmodellierung</li> <li>• Einführung in die numerische Umsetzung von Materialgesetzen</li> <li>• Übersicht über die Modellierung verschiedener Werkstoffklassen</li> <li>• Verknüpfung von makroskopischen Größen zu mikromechanischen Vorgängen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>D. Raabe: Computational Materials Science, The Simulation of Materials, Microstructures and Properties, Wiley-Vch</p> <p>J. Bonet, R.D. Wood, Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge</p> <p>G. Gottstein., Physical Foundations of Materials Science, Springer</p>

Modul M0604: High-Order FEM			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
High-Order FEM (L0280)	Vorlesung	3	4
High-Order FEM (L0281)	Hörsaalübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Düster		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of partial differential equations is recommended.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students are able to + give an overview of the different (h, p, hp) finite element procedures. + explain high-order finite element procedures. + specify problems of finite element procedures, to identify them in a given situation and to explain their mathematical and mechanical background.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to + apply high-order finite elements to problems of structural mechanics. + select for a given problem of structural mechanics a suitable finite element procedure. + critically judge results of high-order finite elements. + transfer their knowledge of high-order finite elements to new problems.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to + solve problems in heterogeneous groups and to document the corresponding results.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to + assess their knowledge by means of exercises and E-Learning. + acquaint themselves with the necessary knowledge to solve research oriented tasks.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>
	Nein	10 %	Referat
			<b>Beschreibung</b>
			Forschendes Lernen
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0280: High-Order FEM	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Introduction 2. Motivation 3. Hierarchic shape functions 4. Mapping functions 5. Computation of element matrices, assembly, constraint enforcement and solution 6. Convergence characteristics 7. Mechanical models and finite elements for thin-walled structures 8. Computation of thin-walled structures 9. Error estimation and hp-adaptivity 10. High-order fictitious domain methods
<b>Literatur</b>	[1] Alexander Düster, High-Order FEM, Lecture Notes, Technische Universität Hamburg-Harburg, 164 pages, 2014 [2] Barna Szabo, Ivo Babuska, Introduction to Finite Element Analysis – Formulation, Verification and Validation, John Wiley & Sons, 2011

Lehrveranstaltung L0281: High-Order FEM	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0605: Numerische Strukturdynamik

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Numerische Strukturdynamik (L0282)	Vorlesung	3	4
Numerische Strukturdynamik (L0283)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Düster		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Vorkenntnisse bzgl. partieller Differentialgleichungen sind empfehlenswert.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ einen Überblick über die Verfahren zur numerischen Lösung von strukturdynamischen Problemen geben.</li> <li>+ den Einsatz von Finite-Elemente-Programmen zur Lösung von Problemen der Strukturdynamik erläutern.</li> <li>+ mögliche Probleme strukturdynamischer Berechnungen aufzählen, im konkreten Fall erkennen und die entsprechenden mathematischen und mechanischen Hintergründe erläutern.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Studierende sind in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ strukturdynamische Probleme zu modellieren.</li> <li>+ für Probleme der Strukturdynamik geeignete Lösungsverfahren auszuwählen.</li> <li>+ Berechnungsverfahren zur Lösung von Problemen der Strukturdynamik anzuwenden.</li> <li>+ Ergebnisse von numerischen Berechnungen zur Strukturdynamik zu verifizieren und kritisch zu beurteilen.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ in heterogen zusammengesetzten Gruppen Aufgaben lösen und die Arbeitsergebnisse dokumentieren.</li> </ul>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<b>Selbstständigkeit</b>	<p>Studierende sind fähig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ für die Lösung von komplexen Aufgaben eigenständig Wissen erwerben.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	2h		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0282: Numerische Strukturdynamik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Motivation 2. Grundlagen der Dynamik 3. Zeitintegrationsverfahren 4. Modalanalyse 5. Fourier-Transformation 6. Ausgewählte Beispiele
<b>Literatur</b>	[1] K.-J. Bathe, Finite-Elemente-Methoden, Springer, 2002. [2] J.L. Humar, Dynamics of Structures, Taylor & Francis, 2012.

Lehrveranstaltung L0283: Numerische Strukturdynamik	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0606: Numerische Algorithmen in der Strukturmechanik

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Numerische Algorithmen in der Strukturmechanik (L0284)	Vorlesung	2	3
Numerische Algorithmen in der Strukturmechanik (L0285)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Düster		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Vorkenntnisse bzgl. partieller Differentialgleichungen sind empfehlenswert.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ einen Überblick über die gängigen numerischen Algorithmen geben, die in strukturmechanischen Finite-Elemente Programmen zum Einsatz kommen.</li> <li>+ den Aufbau und Ablauf eines Finite-Elemente-Programms erläutern.</li> <li>+ mögliche Probleme von numerischen Algorithmen aufzählen, im konkreten Fall erkennen und die mathematischen und informatischen Hintergründe erläutern.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Studierende sind in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ numerische Verfahren in Algorithmen zu überführen.</li> <li>+ für numerische Probleme der Strukturmechanik geeignete Algorithmen auszuwählen.</li> <li>+ numerische Algorithmen zur Lösung von Problemen der Strukturmechanik anzuwenden.</li> <li>+ numerische Algorithmen in einer höheren Programmiersprache (hier C++) zu implementieren.</li> <li>+ Ergebnisse von numerischen Algorithmen kritisch zu beurteilen und zu verifizieren.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ in heterogen zusammengesetzten Gruppen Aufgaben lösen und die Arbeitsergebnisse dokumentieren.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ für die Lösung von komplexen Aufgaben eigenständig Wissen erwerben.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	2h		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung III. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Technomathematik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0284: Numerische Algorithmen in der Strukturmechanik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Motivation 2. Grundlagen der Programmiersprache C++ 3. Numerische Integration 4. Lösung von nichtlinearen Problemen 5. Lösung von linearen Gleichungssystemen 6. Verifikation von numerischen Algorithmen. 7. Ausgewählte Algorithmen und Datenstrukturen eines Finite-Elemente-Programms
<b>Literatur</b>	[1] D. Yang, C++ and object-oriented numeric computing, Springer, 2001. [2] K.-J. Bathe, Finite-Elemente-Methoden, Springer, 2002.

Lehrveranstaltung L0285: Numerische Algorithmen in der Strukturmechanik	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1152: Skalenübergreifende Modellierung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Skalenübergreifende Modellierung (L1537)	Vorlesung	2	3
Skalenübergreifende Modellierung Übung (L1538)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Christian Cyron		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der linearen und nichtlinearen Kontinuumsmechanik wie z.B. in den Modulen Mechanik II und Kontinuumsmechanik unterrichtet (Kräfte und Drehmomente, Spannungen, lineare und nichtlineare Verzerrungsmaße, Schnittprinzip, lineare und nichtlineare Konstitutivgesetze, Verzerrungsenergie).		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können die Verformungsmechanismen auf den einzelnen Längenskalen beschreiben und geeignete Modellierungskonzepte für die Beschreibung benennen.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierende können erste Abschätzungen bzgl. des effektiven Materialverhaltens ausgehend von der vorliegenden Mikrostruktur treffen. Sie können das Schädigungsverhalten mit mikromechanischen Vorgängen korrelieren und diese beschreiben. Insbesondere können sie ihre Kenntnisse auf verschiedene Problemstellungen aus der Materialwissenschaft anwenden und Materialmodelle bewerten und implementieren.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können Lösungen entwickeln, gegenüber Spezialisten präsentieren und Ideen weiterentwickeln.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln. Sie können selbstständig und eigenverantwortlich Probleme im Bereich der skalenübergreifenden Modellierung identifizieren und lösen und sich dafür benötigtes Wissen aneignen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Wissenschaftliches Rechnen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1537: Skalenübergreifende Modellierung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung von Verformungsmechanismen in Werkstoffen auf verschiedenen Skalen (z.B. Molekulardynamik, Kristallplastizität, phänomenologische Modelle)</li> <li>• Zusammenhang der Mikrostruktur mit dem makroskopischen Verhalten</li> <li>• Eshelby Problem</li> <li>• Effektive Materialeigenschaften, RVE Konzept</li> <li>• Homogenisierungsmethoden, Skalenkopplung (Mikro-Meso-Makro)</li> <li>• Mikromechanische Konzepte für die Beschreibung des Schädigungs- und Versagensverhaltens</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>D. Gross, T. Seelig, Bruchmechanik: Mit einer Einführung in die Mikromechanik, Springer</p> <p>T. Zohdi, P. Wriggers: An Introduction to Computational Micromechanics</p> <p>D. Raabe: Computational Materials Science, The Simulation of Materials, Microstructures and Properties, Wiley-Vch</p> <p>G. Gottstein., Physical Foundations of Materials Science, Springer</p>

Lehrveranstaltung L1538: Skalenübergreifende Modellierung Übung	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung von Verformungsmechanismen in Werkstoffen auf verschiedenen Skalen (z.B. Molekulardynamik, Kristallplastizität, phänomenologische Modelle)</li> <li>• Zusammenhang der Mikrostruktur mit dem makroskopischen Verhalten</li> <li>• Eshelby Problem</li> <li>• Effektive Materialeigenschaften, RVE Konzept</li> <li>• Homogenisierungsmethoden, Skalenkopplung (Mikro-Meso-Makro)</li> <li>• Mikromechanische Konzepte für die Beschreibung des Schädigungs- und Versagensverhaltens</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>D. Gross, T. Seelig, Bruchmechanik: Mit einer Einführung in die Mikromechanik, Springer</p> <p>T. Zohdi, P. Wriggers: An Introduction to Computational Micromechanics</p> <p>D. Raabe: Computational Materials Science, The Simulation of Materials, Microstructures and Properties, Wiley-Vch</p> <p>G. Gottstein., Physical Foundations of Materials Science, Springer</p>

Modul M1237: Methoden der theoretischen Materialphysik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Methoden der theoretischen Materialphysik (L1677)	Vorlesung	2	4
Methoden der theoretischen Materialphysik (L1678)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Müller		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in höherer Mathematik wie Analysis, Lineare Algebra, Differentialgleichungen und Komplexe Funktionen, z.B. Mathematik I-IV Kenntnisse in Physik, insbesondere Festkörperphysik, z.B. Materialphysik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können...		
<i>Wissen</i>	<p>...die Funktionsweise unterschiedlicher Modellierungsmethoden erklären.</p> <p>...das Anwendungsfeld individueller methodischer Zugänge erfassen.</p> <p>...die Stärken und Schwächen verschiedener Methoden beurteilen.</p> <p>Die Studenten sind damit in der Lage, zu beurteilen, welche Methode zur Lösung eines wissenschaftlichen Problems am besten geeignet ist und welche Genauigkeit man von den Simulationsergebnissen erwarten kann.</p>		
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage...</p> <p>...als Funktion individueller Parameter, wie Längenskala, Zeitskala, Temperatur, Materialtyp, etc. die jeweils bestgeeignetste Untersuchungsmethode auszuwählen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können, etwa bei Konferenzen oder Messen, mit Experten aus verschiedenen Fachbereichen wie Physik und Werkstoffwissenschaften kompetent und auf die entsprechende Zielgruppe angepasst diskutieren. Dies erhöht auch ihre Fähigkeit, in interdisziplinären Gruppen zu arbeiten.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>Die Studierenden können...</p> <p>... ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln.</p> <p>...benötigtes Wissen selbstständig aneignen..</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1677: Methoden der theoretischen Materialphysik</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Müller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Einführung 1.1 Einordnung der Modellierungen und der Materialien  2. Quantenmechanische Zugänge 2.1 Elektronenzustände : Atom, Molekül, Festkörper 2.2 Dichtefunktionaltheorie 2.3 Spin-Dynamik  3. Thermodynamische Zugänge 3.1 Thermodynamische Potenziale 3.2 Legierungssysteme 3.3 Cluster-Entwicklung 3.4 Monte-Carlo-Verfahren
<b>Literatur</b>	Solid State Physics, Ashcroft/Mermin, Saunders College  Computational Physics, Thijsen, Cambridge  Computational Materials Science, Ohno et al.. Springer  Materials Science and Engineering: An Introduction, Callister/Rethwisch, Edition 9, Wiley

<b>Lehrveranstaltung L1678: Methoden der theoretischen Materialphysik</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Müller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1238: Quantenmechanik von Festkörpern			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Quantenmechanik von Festkörpern (L1675)	Vorlesung	2	4
Quantenmechanik von Festkörpern (L1676)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Müller		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in höherer Mathematik wie Analysis, Lineare Algebra, Differentialgleichungen und Komplexe Funktionen, z.B. Mathematik I-IV Kenntnisse in Mechanik und Physik, insbesondere Festkörperphysik, z.B. Materialphysik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können...		
	...die Grundlagen der Quantenmechanik erklären.		
	...die Bedeutung der Quantenphysik für die Beschreibung von Materialeigenschaften einschätzen.		
<i>Wissen</i>	...Korrelationen zwischen quantenmechanischen Phänomenen und deren Konsequenzen für die makroskopischen Eigenschaften von Materialien analysieren.		
	Die Studenten sind damit in der Lage, wichtige Fragestellungen der Ingenieurwissenschaften mit quantenmechanischen Eigenschaften von Materialien in Verbindung zu bringen und damit zu erklären.		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage...		
	...Materialdesign auf quantenmechanischer Basis zu betreiben.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können mit Experten aus Fachbereichen wie Physik und Werkstoffwissenschaften kompetent über Fragen mit quantenmechanischem Hintergrund diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage selbstständig Lösungen zu quantenmechanischen Problemen zu erarbeiten. Sie können sich zusätzlich nötiges Wissen zur Behandlung von komplexeren Fragestellungen mit quantenmechanischem Hintergrund aus der Literatur aneignen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1675: Quantenmechanik von Festkörpern</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Müller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Einleitung 1.1 Bedeutung der Quantenmechanik (QM) 1.2 Einteilung von Festkörpern  2. Grundlagen der Quantenmechanik 2.1 Erinnerung : Elemente der Klassischen Mechanik 2.2 Motivation Quantenmechanik 2.3 Teilchen-Welle Dualismus 2.4 QM Formalismus  3. Grundlegende QM Probleme 3.1 Eindimensionale Probleme: Teilchen in einem Potenzial 3.2 System mit 2 Zuständen 3.3 Harmonische Oszillator 3.4 Elektronen in einem magnetischen Feld 3.5 Wasserstoffatom  4. Quanteneffekte in kondensierter Materie 4.1 Einleitung 4.2 Elektronische Zustände 4.3 Magnetismus 4.4 Supraleitung 4.5 Quanten-Hall-Effekt
<b>Literatur</b>	Physik für Ingenieure, Hering/Martin/Stohrer, Springer  Atom- und Quantenphysik, Haken/Wolf, Springer  Grundkurs Theoretische Physik 5 1, Nolting, Springer  Electronic Structure of Materials, Sutton, Oxford  Materials Science and Engineering: An Introduction, Callister/Rethwisch, Edition 9, Wiley

<b>Lehrveranstaltung L1676: Quantenmechanik von Festkörpern</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Müller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0603: Nichtlineare Strukturanalyse

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Nichtlineare Strukturanalyse (L0277)	Vorlesung	3	4
Nichtlineare Strukturanalyse (L0279)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Düster		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Vorkenntnisse bzgl. partieller Differentialgleichungen sind empfehlenswert.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende können		
<i>Wissen</i>	+ einen Überblick über die verschiedenen nichtlinearen strukturmechanischen Phänomene geben. + den mechanischen Hintergrund von nichtlinearen Phänomenen in der Strukturmechanik erläutern. + mögliche Probleme bei der nichtlinearen Strukturanalyse aufzählen, im konkreten Fall erkennen und die entsprechenden mathematischen und mechanischen Hintergründe erläutern.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende sind in der Lage + nichtlineare strukturmechanische Probleme zu modellieren. + für gegebene nichtlineare strukturmechanische Probleme das geeignete Berechnungsverfahren auszuwählen. + Finite-Elemente-Verfahren auf nichtlineare strukturmechanische Probleme anzuwenden. + Ergebnisse von nichtlinearen finiten Elemente Berechnungen zu verifizieren und kritisch zu beurteilen. + die Vorgehensweise zur Lösung von nichtlinearen Problemen auf neue Problemstellungen zu übertragen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können		
<i>Sozialkompetenz</i>	+ in heterogen zusammengesetzten Gruppen Aufgaben lösen und die Arbeitsergebnisse dokumentieren. + erlerntes Wissen innerhalb der Gruppe weitergeben.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind fähig + für die Lösung von komplexen Aufgaben eigenständig Wissen erwerben.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Bauingenieurwesen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht		

<b>Curricula</b>	Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Ship and Offshore Technology: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lehrveranstaltung L0277: Nichtlineare Strukturanalyse	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	1. Einleitung 2. Nichtlineare Phänomene 3. Mathematische Grundlagen 4. Kontinuumsmechanische Grundlagen 5. Räumliche Diskretisierung mit Finiten Elementen 6. Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme 7. Lösung elastoplastischer Probleme 8. Stabilitätsprobleme 9. Kontaktprobleme
<b>Literatur</b>	[1] Alexander Düster, Nonlinear Structural Analysis, Lecture Notes, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2014. [2] Peter Wriggers, Nonlinear Finite Element Methods, Springer 2008. [3] Peter Wriggers, Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden, Springer 2001. [4] Javier Bonet and Richard D. Wood, Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge University Press, 2008.

Lehrveranstaltung L0279: Nichtlineare Strukturanalyse	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Düster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

# Modul M1150: Kontinuumsmechanik

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Kontinuumsmechanik (L1533)	Vorlesung	2	3
Kontinuumsmechanik Übung (L1534)	Gruppenübung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Christian Cyron
------------------------------	-----------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
----------------------------------	-------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der linearen Kontinuumsmechanik wie z.B. im Modul Mechanik II unterrichtet (Kräfte und Drehmomente, Spannungen, lineare Verzerrungen, Schnittprinzip, linear-elastische Konstitutivgesetze, Verzerrungsenergie).
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
-----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Fachkompetenz</b>	
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können grundlegende Konzepte zur Berechnung von mechanischem Materialverhalten erklären. Sie können Methoden der Kontinuumsmechanik im größeren Kontext erläutern.
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können Bilanzgleichungen aufstellen und Grundlagen der Deformationstheorie elastischer Körper anwenden und auf diesem Gebiet spezifische Aufgabenstellungen sowohl anwendungsorientiert als auch forschungsorientiert bearbeiten
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können Lösungen entwickeln, gegenüber Spezialisten in Schriftform präsentieren und Ideen weiterentwickeln.
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln. Sie können selbstständig und eigenverantwortlich Probleme im Bereich der Kontinuumsmechanik identifizieren und lösen und sich dafür benötigtes Wissen aneignen.

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
----------------------------------	-------------------------------------

<b>Leistungspunkte</b>	6
------------------------	---

<b>Studienleistung</b>	Keine
------------------------	-------

<b>Prüfung</b>	Klausur
----------------	---------

<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	45 min
----------------------------------	--------

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Wissenschaftliches Rechnen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht
-----------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lehrveranstaltung L1533: Kontinuumsmechanik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik deformierbarer Körper</li> <li>• Bilanzgleichungen (Massenbilanz, Energiegleichung, ...)</li> <li>• Spannungszustand</li> <li>• Materialmodellierung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	R. Greve: Kontinuumsmechanik: Ein Grundkurs für Ingenieure und Physiker I-S. Liu: Continuum Mechanics, Springer

Lehrveranstaltung L1534: Kontinuumsmechanik Übung	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Cyron
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik deformierbarer Körper</li> <li>• Bilanzgleichungen (Massenbilanz, Energiegleichung, ...)</li> <li>• Spannungszustand</li> <li>• Materialmodellierung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	R. Greve: Kontinuumsmechanik: Ein Grundkurs für Ingenieure und Physiker I-S. Liu: Continuum Mechanics, Springer

Modul M1291: Materialwissenschaftliches Seminar			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Seminar Metallische Nanomaterialien (L1757)	Seminar	2	3
Seminar Verbundwerkstoffe (L1758)	Seminar	2	3
Seminar keramische Hochleistungsmaterialien (L1801)	Seminar	2	3
Seminar zu grenzflächenbestimmten Materialien (L1795)	Seminar	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jörg Weißmüller		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse Nanomaterialien, Elektrochemie, Grenzflächenphysik, Mechanik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können die wichtigsten Sachverhalte und Zusammenhänge eines vorgegebenen Themas aus der Materialwissenschaft verständlich erklären.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, ein vorgegebenes Thema aus der Materialwissenschaft zu erarbeiten und eine klare, strukturierte und verständliche Präsentation des Stoffes zu geben. Sie können eine vorgegebene Zeitdauer des Vortrags einhalten. Sie können eine schriftliche Zusammenfassung einschließlich Illustrationen in englischer Sprache verfassen, die die wichtigsten Ergebnisse, Zusammenhänge und Erläuterungen des Stoffes enthält.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können sich hinsichtlich Inhalt, Detailliertheit und Präsentationsstil ihres Vortrags auf die Zusammensetzung und die Vorkenntnisse der Zuhörerschaft einstellen. Sie können Fragen aus dem Auditorium knapp und präzise beantworten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind in der Lage, selbstständig eine Literaturrecherche zu einem gegebenen Thema durchzuführen. Sie sind in der Lage, selbstständig zu entscheiden, welche Teile des Materials im Vortrag aufgenommen werden sollten.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1757: Seminar Metallische Nanomaterialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Jörg Weißmüller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1758: Seminar Verbundwerkstoffe</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1801: Seminar keramische Hochleistungsmaterialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerold Schneider
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1795: Seminar zu grenzflächenbestimmten Materialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

## Fachmodule der Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien

### Modul M0766: Microsystems Technology

#### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Mikrosystemtechnologie (L0724)	Vorlesung	2	4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics in physics, chemistry and semiconductor technology		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to present and to explain current fabrication techniques for microstructures and especially methods for the fabrication of microsensors and microactuators, as well as the integration thereof in more complex systems</li> <li>• to explain in details operation principles of microsensors and microactuators and</li> <li>• to discuss the potential and limitation of microsystems in application.</li> </ul> <p>Students are capable</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to analyze the feasibility of microsystems,</li> <li>• to develop process flows for the fabrication of microstructures and</li> <li>• to apply them.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	None		
<i>Selbstständigkeit</i>	None		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	4		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0724: Microsystems Technology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction (historical view, scientific and economic relevance, scaling laws)</li> <li>• Semiconductor Technology Basics, Lithography (wafer fabrication, photolithography, improving resolution, next-generation lithography, nano-imprinting, molecular imprinting)</li> <li>• Deposition Techniques (thermal oxidation, epitaxy, electroplating, PVD techniques: evaporation and sputtering; CVD techniques: APCVD, LPCVD, PECVD and LECVD; screen printing)</li> <li>• Etching and Bulk Micromachining (definitions, wet chemical etching, isotropic etch with HNA, electrochemical etching, anisotropic etching with KOH/TMAH: theory, corner undercutting, measures for compensation and etch-stop techniques; plasma processes, dry etching: back sputtering, plasma etching, RIE, Bosch process, cryo process, XeF2 etching)</li> <li>• Surface Micromachining and alternative Techniques (sacrificial etching, film stress, stiction: theory and counter measures; Origami microstructures, Epi-Poly, porous silicon, SOI, SCREAM process, LIGA, SU8, rapid prototyping)</li> <li>• Thermal and Radiation Sensors (temperature measurement, self-generating sensors: Seebeck effect and thermopile; modulating sensors: thermo resistor, Pt-100, spreading resistance sensor, pn junction, NTC and PTC; thermal anemometer, mass flow sensor, photometry, radiometry, IR sensor: thermopile and bolometer)</li> <li>• Mechanical Sensors (strain based and stress based principle, capacitive readout, piezoresistivity, pressure sensor: piezoresistive, capacitive and fabrication process; accelerometer: piezoresistive, piezoelectric and capacitive; angular rate sensor: operating principle and fabrication process)</li> <li>• Magnetic Sensors (galvanomagnetic sensors: spinning current Hall sensor and magneto-transistor; magnetoresistive sensors: magneto resistance, AMR and GMR, fluxgate magnetometer)</li> <li>• Chemical and Bio Sensors (thermal gas sensors: pellistor and thermal conductivity sensor; metal oxide semiconductor gas sensor, organic semiconductor gas sensor, Lambda probe, MOSFET gas sensor, pH-FET, SAW sensor, principle of biosensor, Clark electrode, enzyme electrode, DNA chip)</li> <li>• Micro Actuators, Microfluidics and TAS (drives: thermal, electrostatic, piezo electric and electromagnetic; light modulators, DMD, adaptive optics, microscanner, microvalves: passive and active, micropumps, valveless micropump, electrokinetic micropumps, micromixer, filter, inkjet printhead, microdispenser, microfluidic switching elements, microreactor, lab-on-a-chip, microanalytics)</li> <li>• MEMS in medical Engineering (wireless energy and data transmission, smart pill, implantable drug delivery system, stimulators: microelectrodes, cochlear and retinal implant; implantable pressure sensors, intelligent osteosynthesis, implant for spinal cord regeneration)</li> <li>• Design, Simulation, Test (development and design flows, bottom-up approach, top-down approach, testability, modelling: multiphysics, FEM and equivalent circuit simulation; reliability test, physics-of-failure, Arrhenius equation, bath-tub relationship)</li> <li>• System Integration (monolithic and hybrid integration, assembly and packaging, dicing, electrical contact: wire bonding, TAB and flip chip bonding; packages, chip-on-board, wafer-level-package, 3D integration, wafer bonding: anodic bonding and silicon fusion bonding; micro electroplating, 3D-MID)</li> </ul>

**Literatur**

M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002

N. Schwesinger: Lehrbuch Mikrosystemtechnik, Oldenbourg Verlag, 2009

T. M. Adams, R. A. Layton: Introductory MEMS, Springer, 2010

G. Gerlach; W. Dötzel: Introduction to microsystem technology, Wiley, 2008

## Modul M1334: BIO II: Biomaterials

Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Biomaterialien (L0593)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Morlock		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of orthopedic and surgical techniques is recommended.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The students can describe the materials of the human body and the materials being used in medical engineering, and their fields of use.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students can explain the advantages and disadvantages of different kinds of biomaterials.</p> <p><i>Personale Kompetenzen</i></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students are able to discuss issues related to materials being present or being used for replacements with student mates and the teachers.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students are able to acquire information on their own. They can also judge the information with respect to its credibility.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	3		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Pflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht		

### Lehrveranstaltung L0593: Biomaterials

<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Morlock
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
	Topics to be covered include:

<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction (Importance, nomenclature, relations)</li> <li>2. Biological materials             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Basics (components, testing methods)</li> <li>2.2 Bone (composition, development, properties, influencing factors)</li> <li>2.3 Cartilage (composition, development, structure, properties, influencing factors)</li> <li>2.4 Fluids (blood, synovial fluid)</li> </ol> </li> <li>3 Biological structures             <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Menisci of the knee joint</li> <li>3.2 Intervertebral discs</li> <li>3.3 Teeth</li> <li>3.4 Ligaments</li> <li>3.5 Tendons</li> <li>3.6 Skin</li> <li>3.7 Nervs</li> <li>3.8 Muscles</li> </ol> </li> <li>4. Replacement materials             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Basics (history, requirements, norms)</li> <li>4.2 Steel (alloys, properties, reaction of the body)</li> <li>4.3 Titan (alloys, properties, reaction of the body)</li> <li>4.4 Ceramics and glas (properties, reaction of the body)</li> <li>4.5 Plastics (properties of PMMA, HDPE, PET, reaction of the body)</li> <li>4.6 Natural replacement materials</li> </ol> </li> </ol> <p>Knowledge of composition, structure, properties, function and changes/adaptations of biological and technical materials (which are used for replacements in-vivo). Acquisition of basics for theses work in the area of biomechanics.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Hastings G and Ducheyne P.: Natural and living biomaterials. Boca Raton: CRC Press, 1984.</p> <p>Williams D.: Definitions in biomaterials. Oxford: Elsevier, 1987.</p> <p>Hastings G.: Mechanical properties of biomaterials: proceedings held at Keele University, September 1978. New York: Wiley, 1998.</p> <p>Black J.: Orthopaedic biomaterials in research and practice. New York: Churchill Livingstone, 1988.</p> <p>Park J. Biomaterials: an introduction. New York: Plenum Press, 1980.</p> <p>Wintermantel, E. und Ha, S.-W : Biokompatible Werkstoffe und Bauweisen. Berlin, Springer, 1996.</p>

## Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Optoelektronik I: Wellenoptik (L0359)	Vorlesung	2	3
Optoelektronik I: Wellenoptik (Übung) (L0361)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Eich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics in electrodynamics, calculus		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of freely propagating optical waves. They can give an overview on wave optical phenomena such as diffraction, reflection and refraction, etc.</p> <p><i>Wissen</i> Students can describe waveoptics based components such as electrooptical modulators in an application oriented way.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to free optical wave propagation. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	4		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht		

<b>Curricula</b>	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht
------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lehrveranstaltung L0359: Optoelectronics I: Wave Optics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to optics</li> <li>• Electromagnetic theory of light</li> <li>• Interference</li> <li>• Coherence</li> <li>• Diffraction</li> <li>• Fourier optics</li> <li>• Polarisation and Crystal optics</li> <li>• Matrix formalism</li> <li>• Reflection and transmission</li> <li>• Complex refractive index</li> <li>• Dispersion</li> <li>• Modulation and switching of light</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Hecht, E., Optics, Benjamin Cummings, 2001 Goodman, J.W. Statistical Optics, Wiley, 2000 Lauterborn, W., Kurz, T., Coherent Optics: Fundamentals and Applications, Springer, 2002

Lehrveranstaltung L0361: Optoelectronics I: Wave Optics (Problem Solving Course)	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics
<b>Literatur</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics

Modul M0930: Semiconductor Seminar			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Halbleiterseminar (L0760)	Seminar	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Semiconductors		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students can explain the most important facts and relationships of a specific topic from the field of semiconductors.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to compile a specified topic from the field of semiconductors and to give a clear, structured and comprehensible presentation of the subject. They can comply with a given duration of the presentation. They can write in English a summary including illustrations that contains the most important results, relationships and explanations of the subject.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to adapt their presentation with respect to content, detailedness, and presentation style to the composition and previous knowledge of the audience. They can answer questions from the audience in a curt and precise manner.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to autonomously carry out a literature research concerning a given topic. They can independently evaluate the material. They can self-reliantly decide which parts of the material should be included in the presentation.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	2		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	15 Minuten Vortrag + 5-10 Minuten Diskussion + 2 Seiten schriftliche Zusammenfassung		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0760: Semiconductor Seminar	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl, Prof. Manfred Kasper, Prof. Manfred Eich, Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Prepare, present, and discuss talks about recent topics from the field of semiconductors. The presentations must be given in English.</p> <p><b>Evaluation Criteria:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understanding of subject, discussion, response to questions</li> <li>• structure and logic of presentation (clarity, precision)</li> <li>• coverage of the topic, selection of subjects presented</li> <li>• linguistic presentation (clarity, comprehensibility)</li> <li>• visual presentation (clarity, comprehensibility)</li> <li>• handout (see below)</li> <li>• compliance with timing requirement.</li> </ul> <p><b>Handout:</b> Before your presentation, it is mandatory to distribute a printed handout (short abstract) of your presentation in English language. This must be no longer than two pages A4, and include the most important results, conclusions, explanations and diagrams.</p>
<b>Literatur</b>	Aktuelle Veröffentlichungen zu dem gewählten Thema

## Modul M1220: Grenzflächen und grenzflächenbestimmte Materialien

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Die hierarchischen Materialien der Natur (L1663)	Seminar	2	3
Grenzflächen (L1654)	Vorlesung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Patrick Huber
------------------------------	---------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
----------------------------------	-------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in Werkstoffwissenschaften, z.B. aus den Modulen Werkstoffwissenschaft I/II, und in physikalischer Chemie
---------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
-----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können die strukturellen und thermodynamischen Eigenschaften von Grenzflächen im Vergleich zu denen im Volumenmaterial erläutern. Sie können die werkstoffwissenschaftliche Bedeutung von Grenzflächen und von physikochemischen Modifizierungen der Grenzflächen beschreiben. Weiterhin können Sie die wesentlichen Merkmale von Biomaterialien darstellen und in Bezug setzen zu klassischen Materialsystemen wie Metallen, Keramiken oder Polymeren.
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind fähig, den Einfluss von Grenzflächen auf die Eigenschaften und Funktionalitäten von Materialien einzuschätzen. Sie können weiterhin die besonderen Eigenschaften von Biomaterialien auf deren hierarchisch Hybridstrukturen zurückführen.
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können Lösungen gegenüber Spezialisten präsentieren und Ideen weiterentwickeln.
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• ihre eigenen Stärken und Schwächen ermitteln.</li> <li>• benötigtes Wissen aneignen.</li> </ul>

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
----------------------------------	-------------------------------------

<b>Leistungspunkte</b>	6
------------------------	---

<b>Studienleistung</b>	Keine
------------------------	-------

<b>Prüfung</b>	Klausur
----------------	---------

<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min
----------------------------------	--------

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht
-----------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lehrveranstaltung L1663: Nature's Hierarchical Materials	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerold Schneider
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Biological materials are omnipresent in the world around us. They are the main constituents in plant and animal bodies and have a diversity of functions. A fundamental function is obviously mechanical providing protection and support for the body. But biological materials may also serve as ion reservoirs (bone is a typical example), as chemical barriers (like cell membranes), have catalytic function (such as enzymes), transfer chemical into kinetic energy (such as the muscle), etc. This lecture will focus on materials with a primarily (passive) mechanical function: cellulose tissues (such as wood), collagen tissues (such as tendon or cornea), mineralized tissues (such as bone, dentin and glass sponges). The main goal is to give an introduction to the current knowledge of the structure in these materials and how these structures relate to their (mostly mechanical) functions.
<b>Literatur</b>	Peter Fratzl, Richard Weinkamer, Nature's hierarchical materials <i>Progress</i> , in <i>Materials Science</i> 52 (2007) 1263-1334 Journal publications

Lehrveranstaltung L1654: Grenzflächen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopische Struktur und Thermodynamik von Phasengrenzflächen (gas/fest, gas/flüssig, flüssig/flüssig, flüssig/fest)</li> <li>• Experimentelle Methoden zur Untersuchung von Grenzflächen</li> <li>• Grenzflächenkräfte</li> <li>• Benetzung</li> <li>• Surfactants, Schäume, Biomembranen</li> <li>• Chemische Funktionalisierung von Grenzflächen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	"Physics and Chemistry of Interfaces", K.H. Butt, K. Graf, M. Kappl, Wiley-VCH Weinheim (2006) "Interfacial Science", G.T. Barnes, I.R. Gentle, Oxford University Press (2005)

## Modul M1238: Quantenmechanik von Festkörpern

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Quantenmechanik von Festkörpern (L1675)	Vorlesung	2	4
Quantenmechanik von Festkörpern (L1676)	Gruppenübung	1	2

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Müller
------------------------------	---------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
----------------------------------	-------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse in höherer Mathematik wie Analysis, Lineare Algebra, Differentialgleichungen und Komplexe Funktionen, z.B. Mathematik I-IV Kenntnisse in Mechanik und Physik, insbesondere Festkörperphysik, z.B. Materialphysik
---------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
-----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können...  ...die Grundlagen der Quantenmechanik erklären.  ...die Bedeutung der Quantenphysik für die Beschreibung von Materialeigenschaften einschätzen.
<i>Wissen</i>	...Korrelationen zwischen quantenmechanischen Phänomenen und deren Konsequenzen für die makroskopischen Eigenschaften von Materialien analysieren.  Die Studenten sind damit in der Lage, wichtige Fragestellungen der Ingenieurwissenschaften mit quantenmechanischen Eigenschaften von Materialien in Verbindung zu bringen und damit zu erklären.
<i>Fertigkeiten</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage...  ...Materialdesign auf quantenmechanischer Basis zu betreiben.
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können mit Experten aus Fachbereichen wie Physik und Werkstoffwissenschaften kompetent über Fragen mit quantenmechanischem Hintergrund diskutieren.
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage selbstständig Lösungen zu quantenmechanischen Problemen zu erarbeiten. Sie können sich zusätzlich nötiges Wissen zur Behandlung von komplexeren Fragestellungen mit quantenmechanischem Hintergrund aus der Literatur aneignen.

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42
----------------------------------	-------------------------------------

<b>Leistungspunkte</b>	6
------------------------	---

<b>Studienleistung</b>	Keine
------------------------	-------

<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung
----------------	-------------------

<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
----------------------------------	--

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht
-----------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Lehrveranstaltung L1675: Quantenmechanik von Festkörpern</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Müller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Einleitung 1.1 Bedeutung der Quantenmechanik (QM) 1.2 Einteilung von Festkörpern  2. Grundlagen der Quantenmechanik 2.1 Erinnerung : Elemente der Klassischen Mechanik 2.2 Motivation Quantenmechanik 2.3 Teilchen-Welle Dualismus 2.4 QM Formalismus  3. Grundlegende QM Probleme 3.1 Eindimensionale Probleme: Teilchen in einem Potenzial 3.2 System mit 2 Zuständen 3.3 Harmonische Oszillator 3.4 Elektronen in einem magnetischen Feld 3.5 Wasserstoffatom  4. Quanteneffekte in kondensierter Materie 4.1 Einleitung 4.2 Elektronische Zustände 4.3 Magnetismus 4.4 Supraleitung 4.5 Quanten-Hall-Effekt
<b>Literatur</b>	Physik für Ingenieure, Hering/Martin/Stohrer, Springer  Atom- und Quantenphysik, Haken/Wolf, Springer  Grundkurs Theoretische Physik 5 1, Nolting, Springer  Electronic Structure of Materials, Sutton, Oxford  Materials Science and Engineering: An Introduction, Callister/Rethwisch, Edition 9, Wiley

<b>Lehrveranstaltung L1676: Quantenmechanik von Festkörpern</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Müller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1239: Experimentelle Mikro- und Nanomechanik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Experimentelle Mikro- und Nanomechanik (L1673)	Vorlesung	2	4
Experimentelle Mikro- und Nanomechanik (L1674)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Erica Lilleodden		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Werkstoffwissenschaften I/II, Mechanische Eigenschaften, Phänomene und Methoden der Materialwissenschaften		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende können die Prinzipien von mechanische Verhalten (z.B. Spannung, Dehnung, E-Modul, Festigkeit, Verfestigung, Versage, Bruch) beschreiben.		
<i>Wissen</i>	Studierende können Mikrostrukturen auf unterschiedliche Arten (z.B., REM, XRD) charakterisieren.		
	Studierende können die komplexen Zusammenhänge der Struktur-Eigenschaftsbeziehung erklären.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende sind in der Lage, standardisierte Berechnungsmethoden in einem angegebenen Kontext einzusetzen, um unter wechselnden Belastungszuständen die mechanischen Eigenschaften (E-Modul, Stärke) aus verschiedenen Materialien zu berechnen und bewerten.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können:		
<i>Sozialkompetenz</i>	- angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.		
	Studierende sind fähig		
	- eigene Stärken und Schwächen allgemein einzuschätzen		
<i>Selbstständigkeit</i>	- angeleitet durch Lehrende ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren.		
	- selbständig auf Basis von Vorträgen zu arbeiten um Probleme zu lösen, und, wenn nötig, um Hilfe oder Klarstellungen zu bitten		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Werkstofftechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1673: Experimentelle Mikro- und Nanomechanik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Erica Lilleodden
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Hier werden die Prinzipien der mechanischen Prüfverfahren auf der Mikro- und Nanoskala präsentiert. Wir werden uns dabei auf metallische Materialien konzentrieren, obwohl Fragestellungen im Zusammenhang mit Keramiken und Polymeren ebenfalls diskutiert werden. Moderne Methoden werden behandelt. Dazu werden die wissenschaftliche Fragestellungen diskutiert, die mit eben diesen Methoden bearbeitet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzipien der Mikromechanik             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Motivation für kleinskalige Prüfverfahren</li> <li>◦ Methoden der Probevorbereitung</li> <li>◦ Experimentelle Artefakte und Auflösungen</li> </ul> </li> <li>• Komplementäre Strukturanalyseverfahren             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Electron back scattered diffraction</li> <li>◦ Transmissions-Elektronenmikroskopie</li> <li>◦ Mikro-Laue Diffraction</li> </ul> </li> <li>• Nanoindentation-basierte Testing             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Prinzipien der Kontaktmechanik</li> <li>◦ Berkovich Indentation                 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konfiguration der Belastung</li> <li>■ Grundgleichungen der Spannungs-Dehnungsanalyse</li> </ul>                     Anwendungsbeispiel:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Indentation Grossen Effekten</li> </ul> </li> <li>◦ Mikrodruckversuchen                 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konfiguration der Belastung</li> <li>■ Grundgleichungen der Spannungs-Dehnungsanalyse</li> </ul>                     Anwendungsbeispiel:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grossen Effekten der Fließspannung</li> </ul> </li> <li>◦ Mikrobiegebalkenversuchen                 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konfiguration der Belastung</li> <li>■ Grundgleichungen der Spannungs-Dehnungsanalyse</li> </ul>                     Anwendungsbeispiel:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bruchverhalten</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Vorlesungsskript</p> <p>Aktuelle Publikationen</p>

<b>Lehrveranstaltung L1674: Experimentelle Mikro- und Nanomechanik</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Erica Lilleodden
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1335: BIO II: Gelenkersatz			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Gelenkersatz (L1306)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Morlock		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Kenntnisse über orthopädische und chirurgische Verfahren.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können die Krankheiten, die einen Gelenkersatz notwendig machen können, aufzählen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende können die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Endoprothesentypen darstellen und erklären.</p> <p><i>Personale Kompetenzen</i></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Studierende können mit ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen sowie den Lehrenden eine Diskussion zu Fragestellungen bezüglich Endoprothesen führen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Studierende können sich benötigte Informationen selber erarbeiten und diese hinsichtlich der Belastbarkeit einschätzen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	3		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Pflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1306: Gelenkersatz	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Morlock
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Inhalt (deutsch)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EINLEITUNG (Bedeutung, Ziel, Grundlagen, allg. Geschichte des künstlichen Gelenkersatzes)</li> <li>2. FUNKTIONSANALYSE (Der menschliche Gang, die menschliche Arbeit, die sportliche Aktivität)</li> <li>3. DAS HÜFTGELENK (Anatomie, Biomechanik, Gelenkersatz Schaffseite und Pfannenseite, Evolution der Implantate)</li> <li>4. DAS KNIEGELENK (Anatomie, Biomechanik, Bandersatz, Gelenkersatz femorale, tibiale und patelläre Komponenten)</li> <li>5. DER FUß (Anatomie, Biomechanik, Gelenkersatz, orthopädische Verfahren)</li> <li>6. DIE SCHULTER (Anatomie, Biomechanik, Gelenkersatz)</li> <li>7. DER ELLBOGEN (Anatomie, Biomechanik, Gelenkersatz)</li> <li>8. DIE HAND (Anatomie, Biomechanik, Gelenkersatz)</li> <li>9. TRIBOLOGIE NATÜRLICHER UND KÜNSTLICHER GELENKE (Korrosion, Reibung, Verschleiß)</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Literatur:</p> <p>Kapandji, I.: Funktionelle Anatomie der Gelenke (Band 1-4), Enke Verlag, Stuttgart, 1984.</p> <p>Nigg, B., Herzog, W.: Biomechanics of the musculo-skeletal system, John Wiley&amp;Sons, New York 1994</p> <p>Nordin, M., Frankel, V.: Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System, Lea&amp;Febiger, Philadelphia, 1989.</p> <p>Czichos, H.: Tribologiehandbuch, Vieweg, Wiesbaden, 2003.</p> <p>Sobotta und Netter für Anatomie der Gelenke</p>

Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Partikeltechnologie II (L0051)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	1
Partikeltechnologie II (L0050)	Vorlesung	2	2
Praktikum Partikeltechnologie II (L0430)	Laborpraktikum	3	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Heinrich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse der Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik, Kenntnis der grundlegenden Verfahren		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, basierend auf der Kenntnis der Mikroprozesse auf Partikelebene die Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik sehr detailliert zu beschreiben und zu erläutern.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studenten sind in der Lage, die notwendigen Verfahren und Apparate zur gezielten Prozessierung von Feststoffen in Abhängigkeit von den spezifischen Partikeleigenschaften auszuwählen, zu modifizieren und zu modellieren		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind in der Lage Aufgaben im Bereich der Feststoffverfahrenstechnik in kleinen Gruppen zu bearbeiten und die gesammelten Ergebnisse anschließend mündlichen zu präsentieren. Die Studierenden sind befähigt, fachliches Wissen mit wissenschaftlichen Kollegen zu diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind dazu in der Lage Fragestellungen in der Partikeltechnologie selbstständig und in kleinen Gruppen zu analysieren und zu lösen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung
			<b>Beschreibung</b> fünf Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Umwelttechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0051: Partikeltechnologie II	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0050: Partikeltechnologie II	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übung in Form von "Project based Learning": selbstständiges Lösen von Problemstellungen der Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Kontaktkräfte, interpartikuläre Kräfte</li> <li>• vertiefte Behandlung von Kornzerkleinerung</li> <li>• CFD Methoden zur Beschreibung von Fluid/Feststoffströmungen, Euler/Euler-Methode, Discrete Particle Modeling</li> <li>• Behandlung von Problemen mit verteilten Stoffeigenschaften, Lösung von Populationsbilanzen</li> <li>• Fließschemasimulation von Feststoffprozessen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.</p> <p>Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.</p>

Lehrveranstaltung L0430: Praktikum Partikeltechnologie II	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluidisation</li> <li>• Agglomeration</li> <li>• Granulation</li> <li>• Trocknung</li> <li>• Bestimmung der mechanische Eigenschaften von Agglomeraten</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.</p> <p>Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.</p>

## Modul M0644: Optoelectronics II - Quantum Optics

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Optoelektronik II: Quantenoptik (L0360)	Vorlesung	2	3
Optoelektronik II: Quantenoptik (Übung) (L0362)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Eich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic principles of electrodynamics, optics and quantum mechanics		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p style="margin-left: 20px;"><i>Wissen</i> Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of quantum optical phenomena such as absorption, stimulated and spontaneous emission. They can describe material properties as well as technical solutions. They can give an overview on quantum optical components in technical applications.</p> <p style="margin-left: 20px;"><i>Fertigkeiten</i> Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to quantum optical phenomena and processes. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p style="margin-left: 20px;"><i>Sozialkompetenz</i> Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.</p> <p style="margin-left: 20px;"><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	4		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0360: Optoelectronics II: Quantum Optics</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generation of light</li> <li>• Photons</li> <li>• Thermal and nonthermal light</li> <li>• Laser amplifier</li> <li>• Noise</li> <li>• Optical resonators</li> <li>• Spectral properties of laser light</li> <li>• CW-lasers (gas, solid state, semiconductor)</li> <li>• Pulsed lasers</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Demtröder, W., Laser Spectroscopy: Basic Concepts and Instrumentation, Springer, 2002 Kasap, S.O., Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, Prentice Hall, 2001 Yariv, A., Quantum Electronics, Wiley, 1988 Wilson, J., Hawkes, J., Optoelectronics: An Introduction, Prentice Hall, 1997, ISBN: 013103961X Siegman, A.E., Lasers, University Science Books, 1986

<b>Lehrveranstaltung L0362: Optoelectronics II: Quantum Optics (Problem Solving Course)</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics
<b>Literatur</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics

Modul M1291: Materialwissenschaftliches Seminar			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Seminar Metallische Nanomaterialien (L1757)	Seminar	2	3
Seminar Verbundwerkstoffe (L1758)	Seminar	2	3
Seminar keramische Hochleistungsmaterialien (L1801)	Seminar	2	3
Seminar zu grenzflächenbestimmten Materialien (L1795)	Seminar	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jörg Weißmüller		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse Nanomaterialien, Elektrochemie, Grenzflächenphysik, Mechanik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können die wichtigsten Sachverhalte und Zusammenhänge eines vorgegebenen Themas aus der Materialwissenschaft verständlich erklären.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, ein vorgegebenes Thema aus der Materialwissenschaft zu erarbeiten und eine klare, strukturierte und verständliche Präsentation des Stoffes zu geben. Sie können eine vorgegebene Zeitdauer des Vortrags einhalten. Sie können eine schriftliche Zusammenfassung einschließlich Illustrationen in englischer Sprache verfassen, die die wichtigsten Ergebnisse, Zusammenhänge und Erläuterungen des Stoffes enthält.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können sich hinsichtlich Inhalt, Detailliertheit und Präsentationsstil ihres Vortrags auf die Zusammensetzung und die Vorkenntnisse der Zuhörerschaft einstellen. Sie können Fragen aus dem Auditorium knapp und präzise beantworten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind in der Lage, selbstständig eine Literaturrecherche zu einem gegebenen Thema durchzuführen. Sie sind in der Lage, selbstständig zu entscheiden, welche Teile des Materials im Vortrag aufgenommen werden sollten.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1757: Seminar Metallische Nanomaterialien	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Jörg Weißmüller
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L1758: Seminar Verbundwerkstoffe	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Bodo Fiedler
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L1801: Seminar keramische Hochleistungsmaterialien	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerold Schneider
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L1795: Seminar zu grenzflächenbestimmten Materialien</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Referat
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	
<b>Dozenten</b>	Prof. Patrick Huber
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

# Thesis

## Modul M-002: Masterarbeit

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Professoren der TUHH		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laut ASPO § 21 (1):</li> </ul> <p>Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</p>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen.</li> <li>• Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen.</li> <li>• Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln.</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden.</li> <li>• Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen.</li> <li>• in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten.</li> </ul>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
	<p>Studierende sind fähig,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abzuarbeiten.</li> <li>• sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen.</li> </ul>		

<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0
<b>Leistungspunkte</b>	30
<b>Studienleistung</b>	Keine
<b>Prüfung</b>	Abschlussarbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut ASPO
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energie- und Umwelttechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen (Weiterentwicklung): Abschlussarbeit: Pflicht Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht International Production Management: Abschlussarbeit: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Abschlussarbeit: Pflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Abschlussarbeit: Pflicht Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht Mechatronics: Abschlussarbeit: Pflicht Medizingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht