



# **RUHR – UNIVERSITÄT BOCHUM**

## **FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU**

### **Master-Studiengang Maschinenbau**

**Modulhandbuch**

**Gültig ab Sommersemester 2022**

Ergänzend zu den Studienverlaufsplänen sind im Modulhandbuch Erläuterungen zu den Inhalten der Module zusammengefasst. Gültig ist nur das auf der Homepage der Fakultät für Maschinenbau der Ruhr-Universität Bochum veröffentlichte Modulhandbuch. Ältere Modulhandbücher sind im Archiv zu finden. Es ist mit regelmäßigen Überarbeitungen des Modulhandbuchs zu rechnen, d.h. für eine Modulprüfung ist immer die im Semester der letzten Vorlesung gültige Modulbeschreibung maßgebend.

**28.10.2022**

# **Stellenwert der Modulnote für die Endnote**

Anteil an der Endnote [%] = „LP Modul“ \* 100 \* FAK / DIV

FAK = 1,0 für Module aus allen Studienabschnitten

DIV = 90

# Module

3D-Simulation in der Automatisierungstechnik.....	12
Abluft-/Abwasserreinigung.....	14
Additive Fertigung - Kunststoffe.....	16
Additive Fertigung - Metalle.....	18
Advanced Characterisation Methods.....	20
Advanced Materials Processing and Microfabrication.....	22
Advanced Systems Engineering.....	24
Advanced Topics of Experimental Micromechanics and Microtribology.....	26
Angewandte Finite-Elemente-Methoden.....	28
Arbeits- und Anlagensicherheit.....	30
Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit).....	31
Auslegung von Triebwerks- und Gasturbinenverdichtern.....	33
Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung.....	35
Biomechanik.....	37
Biotechnologie.....	39
Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder.....	41
Business Development.....	43
CO2-Abscheidung aus Industrieprozessen.....	45
Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock.....	47
Computational Fracture Mechanics.....	50
Computeranwendungen in der Prozessentwicklung.....	52
Computersimulation von Fluidströmungen.....	54
Dampfturbinen für heutige und künftige Energiesysteme.....	56
Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling.....	58
Demand and Supply in Energy Markets.....	60
Digitalisierung in Entwicklung und Produktion am Beispiel von Lernfabriken.....	63
Dynamic Structures and Active Control.....	65
Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung.....	67
Einführung in die Rheologie.....	69
Elektrifizierte Fahrzeugantriebe.....	71
Embedded Systems.....	73
Energieaufwendungen und Ökobilanzierung.....	75
Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase.....	77
Energiespeichertechnologien und -anwendung.....	79

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Energy Systems Analysis.....	81
Entwicklung von Motormanagementsystemen.....	84
Entwicklungsprojekt Formula Student RUB Motorsport.....	86
Fachlabor Energietechnik.....	88
Fachlabor Konstruktions- und Automatisierungstechnik.....	90
Fachlabor Mechanik.....	92
Fachlabor Strömungsmaschinen.....	94
Fachlabor Verfahrenstechnik.....	96
Fachlabor Werkstoff- und Microengineering.....	98
Finite Deformationen und nichtlineare FEM.....	100
Finite Elemente Technologie.....	102
Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie.....	104
Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering.....	107
Gasdynamik.....	109
Gasmesstechnik.....	111
Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies.....	113
Geothermal Energy Systems.....	115
Gewerblicher Rechtsschutz: Patentwesen in den Ingenieurwissenschaften.....	118
Grundlagen der Hydraulischen Strömungsmaschinen und Anlagen.....	120
IT-gestützte Geschäftsprozesse am Beispiel von SAP-Standardsoftware.....	122
Industrie 4.0 für Ingenieure.....	124
Instationäre Gasdynamik des Fahrzeugmotors.....	126
Integrierte Hochdruckverfahren.....	128
Introduction to Three-dimensional Materials Characterization Techniques.....	130
KIbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz.....	132
Kernkraftwerkstechnik.....	134
Kontinuumsmechanik.....	136
Laserfertigungstechnik.....	138
Lasermedizintechnik.....	140
Lasermesstechnik.....	142
Lasertechnik.....	144
Luftqualität.....	145
MEMS & Nanotechnologie.....	147
Management und Organisation von Arbeit.....	149
Maschinen für die Energiewende.....	151
Masterarbeit.....	153

---

Materials for Aerospace Applications.....	155
Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen.....	157
Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision.....	159
Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme.....	161
Multiscale Mechanics of Materials.....	163
Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen.....	165
Numerische Gasdynamik für Antriebs- und Energiesysteme.....	167
Offroad Maschinen: Systemanalyse.....	169
Plastizität und Materialschädigung.....	171
Polymer Process Engineering.....	173
Process Design.....	175
Product Lifecycle Management.....	177
Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme.....	179
Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie.....	181
Projektmanagement im Anlagenbau.....	183
Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik.....	185
Prozessführung und Optimalsteuerung.....	187
Prozesssimulation energietechnischer Anlagen.....	189
Reaktortheorie.....	191
Schadensanalyse.....	193
Service Engineering.....	195
Simulation der Strömung in Turbomaschinen.....	197
Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten.....	199
Simulationstechnik in der Produktherstellung.....	201
Solidification Processing.....	203
Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe.....	205
Strategisches Management.....	207
Surface Science and Corrosion.....	208
Sustainability in Process Engineering.....	210
Technische Innovationen.....	212
Technologie der Polymere.....	214
Thermodynamik der Gemische.....	215
Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users).....	217
Turbomaschinen.....	219
Turbulenzmodellierung.....	221
Umweltrisiken.....	223

---

## Inhaltsverzeichnis

---

Unternehmensführung.....	226
Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken.....	227
Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung.....	229
Verschleißschutztechnologie.....	231
Werkstoffe der Energietechnik.....	233
Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung.....	235

# Übersicht nach Modulgruppen

Soweit die Modulbeschreibungen importierter Module in diesem Modulhandbuch nicht enthalten sind, finden Sie diese im Modulhandbuch des jeweiligen Modulanbieters.

## 1) Ingenieurwissenschaftliche Vertiefung M.Sc. MB, ECTS: 40

3D-Simulation in der Automatisierungstechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	12
Additive Fertigung - Kunststoffe (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	16
Additive Fertigung - Metalle (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	18
Advanced Characterisation Methods (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	20
Advanced Materials Processing and Microfabrication (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	22
Advanced Systems Engineering (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	24
Angewandte Finite-Elemente-Methoden (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	28
Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	35
Computational Fracture Mechanics (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	50
Computersimulation von Fluidströmungen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	54
Dampfturbinen für heutige und künftige Energiesysteme (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	56
Demand and Supply in Energy Markets (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	60
Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	67
Dynamic Structures and Active Control (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	65
Embedded Systems (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	73
Energieaufwendungen und Ökobilanzierung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	75
Energy Systems Analysis (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	81
Fachlabor Energietechnik (5 ECTS, jedes Semester).....	88
Fachlabor Konstruktions- und Automatisierungstechnik (5 ECTS, jedes Semester).....	90
Fachlabor Mechanik (5 ECTS, jedes Semester).....	92
Fachlabor Strömungsmaschinen (5 ECTS, jedes Semester).....	94
Fachlabor Verfahrenstechnik (5 ECTS, jedes Semester).....	96
Fachlabor Werkstoff- und Microengineering (5 ECTS, jedes Semester).....	98
Finite Deformationen und nichtlineare FEM (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	100
Finite Elemente Technologie (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	102

Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	107
Gasdynamik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	109
Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	113
Geothermal Energy Systems (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	115
Grundlagen der Hydraulischen Strömungsmaschinen und Anlagen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	120
Integrierte Hochdruckverfahren (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	128
Introduction to Three-dimensional Materials Characterization Techniques (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	130
Kernkraftwerkstechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	134
Kontinuumsmechanik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	136
Laserfertigungstechnik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	138
Lasermedizintechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	140
Lasermesstechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	142
Materials for Aerospace Applications (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	155
MEMS & Nanotechnologie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	147
Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	161
Multiscale Mechanics of Materials (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	163
Numerische Gasdynamik für Antriebs- und Energiesysteme (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	167
Offroad Maschinen: Systemanalyse (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	169
Plastizität und Materialschädigung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	171
Product Lifecycle Management (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	177
Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	185
Prozessführung und Optimalsteuerung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	187
Reaktortheorie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	191
Schadensanalyse (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	193
Service Engineering (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	195
Simulation der Strömung in Turbomaschinen (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	197
Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	199
Simulationstechnik in der Produktherstellung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	201

Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	205
Surface Science and Corrosion (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	208
Sustainability in Process Engineering (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	210
Thermodynamik der Gemische (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	215
Turbomaschinen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	219
Turbulenzmodellierung (5 ECTS, ).....	221
Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	227
Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	229
Verschleißschutztechnologie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	231
Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	235
Werkstoffe der Energietechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	233

## **2) MINT-Module M.Sc. MB, ECTS: 15**

Hier finden Sie lediglich die von der Fakultät Maschinenbau angebotenen MINT Module. Modulbeschreibungen weiterer möglicher Module finden Sie in den entsprechenden Bereichen/Fakultäten.

Abluft-/Abwasserreinigung (5 ECTS, siehe Lehrveranstaltung(en)).....	14
Advanced Topis of Experimental Micromechanics and Microtribology (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	26
Arbeits- und Anlagensicherheit (3 ECTS, jedes Wintersemester).....	30
Auslegung von Triebwerks- und Gasturbinenverdichtern (3 ECTS, jedes Sommersemester).....	33
Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder (3 ECTS, jedes Wintersemester).....	41
Biomechanik (5 ECTS, jedes Semester).....	37
Biotechnologie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	39
Bioverfahrenstechnik und Bioraffinerie (5 ECTS, jedes Wintersemester)	
Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	47
CO2-Abscheidung aus Industrieprozessen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	45
Computeranwendungen in der Prozessentwicklung (5 ECTS, ).....	52
Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	58
Digitalisierung in Entwicklung und Produktion am Beispiel von Lernfabriken (5 ECTS, ).....	63
Einführung in die Rheologie (5 ECTS, ).....	69
Elektrifizierte Fahrzeugantriebe (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	71

## Inhaltsverzeichnis

---

Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	77
Energiespeichertechnologien und -anwendung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	79
Entwicklung von Motormanagementsystemen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	84
Entwicklungsprojekt Formula Student RUB Motorsport (6 ECTS, jedes Wintersemester).....	86
Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie (5 ECTS, ).....	104
Gasmesstechnik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	111
Industrie 4.0 für Ingenieure (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	124
Instationäre Gasdynamik des Fahrzeugmotors (5 ECTS, ).....	126
Lasertechnik (5 ECTS, ).....	144
Luftqualität (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	145
Management und Organisation von Arbeit (5 ECTS, jedes Semester).....	149
Maschinen für die Energiewende (3 ECTS, jedes Sommersemester).....	151
Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen (3 ECTS, ).....	157
Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision (2 ECTS, siehe Lehrveranstaltung(en)).....	159
Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen (3 ECTS, jedes Sommersemester)....	165
Polymer Process Engineering (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	173
Process Design (3 ECTS, ).....	175
Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme (5 ECTS, jedes Sommersemester).....	179
Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie (5 ECTS, ).....	181
Projektmanagement im Anlagenbau (3 ECTS, jedes Wintersemester).....	183
Prozesssimulation energietechnischer Anlagen (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	189
Solidification Processing (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	203
Technische Innovationen (5 ECTS, jedes Wintersemester).....	212
Technologie der Polymere (3 ECTS, jedes Wintersemester).....	214
Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users) (5 ECTS, siehe Lehrveranstaltung(en)).....	217
Umweltrisiken (5 ECTS, siehe Lehrveranstaltung(en)).....	223

### **3) Fachwissenschaftliche Arbeit M.Sc. MB, ECTS: 30**

Masterarbeit (30 ECTS, jedes Semester).....	153
---	-----

### **4) Nicht-Mint Modul M.Sc. MB, ECTS: 5**

Hier finden Sie lediglich die von der Fakultät Maschinenbau angebotenen Nicht MINT Module. Modulbeschreibungen weiterer möglicher Module finden Sie in den entsprechenden Bereichen/ Fakultäten.

Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit) (3 ECTS, jedes Sommersemester).....	31
Business Development (5 ECTS, jedes Semester).....	43
Gewerblicher Rechtsschutz: Patentwesen in den Ingenieurwissenschaften (5 ECTS, jedes Semester).....	118
IT-gestützte Geschäftsprozesse am Beispiel von SAP-Standardsoftware (5 ECTS, jedes Semester)....	122
KIbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz (5 ECTS, jedes Semester).....	132
Strategisches Management (3 ECTS, jedes Sommersemester).....	207
Unternehmensführung (3 ECTS, jedes Wintersemester).....	226

<b>3D-Simulation in der Automatisierungstechnik</b>					
3D-Simulation in Automation					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) 3D-Simulation in der Automatisierungstechnik		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter					
a) Dr.-Ing. Alfred Hypki					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Die vorherige erfolgreiche Teilnahme am Modul Grundlagen der Automatisierungstechnik ist keine Voraussetzung, aber ggf. hilfreich.					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach der Teilnahme an dem Modul:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden die Grundlagen der 3D-Simulationstechnik</li> <li>• besitzen die Studierenden die Fähigkeit, eine 3D-Simulation zu entwickeln und können automatisierungstechnische Aufgabenstellungen vor der Realisierung absichern</li> <li>• können die Studierenden die wichtigsten Methoden und Softwaresysteme zur Lösung simulationstechnischer Probleme anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Nach einer allgemeinen Einführung in die Anforderungen und Möglichkeiten der 3D-Simulation in der Automatisierungstechnik erlernen die Studierenden die verschiedenen Schritte, die sich von der Idee über die Modellierung der Arbeitszelle und Programmierung der Automatisierungskomponenten bis zur Virtuellen Inbetriebnahme erstrecken.					
Ein besonderes Augenmerk wird in dieser Vorlesung auf die Industrielle Robotik gelegt, die in zahlreichen Beispielen und Anwendungen thematisiert wird.					
Die Vorlesung deckt dabei die folgenden Themenbereiche ab:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulation in der Automatisierungstechnik – Anforderungen und Möglichkeiten</li> <li>• Grafische 3D-Simulation</li> <li>• CAD-basierte Arbeitszellenmodellierung und 3D-Datenaustausch</li> <li>• Roboterprogrammierung</li> <li>• Offline-Programmierung und Virtuelle Inbetriebnahme</li> <li>• Grundlagen und Leistungsmerkmale von grafischen 3D-Simulationssystemen im industriellen Einsatz</li> </ul>					
Die begleitende Übung besteht aus der praktischen Umsetzung der genannten Modellierungs-, Programmierungs- und Simulationsaufgaben mit einem kommerziell verfügbaren und industriell eingesetzten 3D-Robotersimulations- und Offline-Programmiersystem.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					

**Prüfungsformen**

- Klausur '3D-Simulation in der Automatisierungstechnik' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Studienbegleitende Aufgaben: Umsetzung einer Simulationsaufgabe (Sofern die Aufgabe vor der Modulabschlussprüfung absolviert wird, sind optional Bonuspunkte für die Klausur möglich) (Umfang und Abgabefristen wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Abluft-/Abwasserreinigung</b>					
Waste, Gas and Wastewater Treatment					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	2 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Abwasserreinigung b) Abluftreinigung			a) 2 SWS (30 h) b) 2 SWS (30 h)	a) 45 h b) 45 h	a) jedes WiSe b) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald a) Prof. Dr.-Ing. Michael Schultes b) Prof. Dr.-Ing. Michael Schultes					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden kennen im Bereich der Abluft- und Abwasserreinigung exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung. Sie sind somit im Bereich der Abluftreinigung in der Lage					
<ul style="list-style-type: none"> <li>die verfahrenstechnischen Auslegungskriterien aller gängigen Abluftreinigungssysteme zu verstehen</li> <li>die Einsatzbereiche bestimmter Abluftreinigungsverfahren zu erkennen</li> <li>die behördlichen Auflagen zu verstehen</li> </ul>					
Hinsichtlich der Abwasserreinigung sind die Studierenden in der Lage					
<ul style="list-style-type: none"> <li>die verfahrenstechnischen Auslegungskriterien aller gängigen Abwasserreinigungssysteme zu verstehen</li> <li>die Einsatzbereiche bestimmter Abwasserreinigungsverfahren zu erkennen</li> <li>die behördlichen Auflagen zu verstehen</li> </ul>					
Die Studierenden haben dabei die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Reinigungsverfahren auszuwählen und anzuwenden. Sie können entsprechende Erkenntnisse/ Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen der Abluft- und Abwasserreinigung übertragen.					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die in den letzten Jahren gestiegene Forderung nach einer umweltfreundlichen Produktion von Gütern in der Industrie sowie das Bewusstsein, dass unsere Lebensqualität nur durch ein hohes Maß an Umweltschutz gehalten werden kann, hat dazu geführt, dass ständig innovative Techniken neben Standardlösungen eingesetzt werden. In der Vorlesung werden mechanische, biologische und chemische Abwasserreinigungsverfahren angesprochen; so z.B. Adsorption, Desorption, Membranverfahren, Oxidationsverfahren, Filtersysteme, Fällung, Flockung, Siebung, Ionenaustausch, Biofilter, Biowäsche usw.					
b)					
Die stark gestiegene Forderung nach einer umweltfreundlichen Produktion von Gütern in der Industrie sowie die Erkenntnis, dass der Umweltschutz maßgeblich für die Erhaltung unserer Lebensqualität sorgt,					

hat dazu geführt, dass ständig innovative Techniken neben Standardlösungen eingesetzt werden. In der Vorlesung werden Adsorptionsverfahren, Chemisorptionsverfahren, katalytische und biologische Verfahren, Membranverfahren, Verbrennungsverfahren, Kondensationsverfahren usw. besprochen.

**Lehrformen / Sprache**

- a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch
- b) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Abluft-/Abwasserreinigung' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Additive Fertigung - Kunststoffe

Additive Manufacturing - Polymers

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Additive Fertigung - Kunststoffe			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Jan Sehrt					
a) Prof. Dr.-Ing. Jan Sehrt					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>unterscheiden die Studierenden verschiedene kunststoffbasierte additive Fertigungsverfahren und ordnen diese ihren Prozesskategorien zu</li> <li>bewerten die Studierenden polymere Werkstoffe und Verfahren für spezifische Anwendungsfälle der kunststoffbasierten additiven Fertigungsverfahren</li> <li>entwerfen die Studierenden ein Konzept zur Herstellung von additiv gefertigten Bauteilen aus Kunststoff unter Berücksichtigung von Konstruktionsrichtlinien</li> <li>schätzen die Studierenden kritisch die vor- und nachgelagerten Prozessschritte der kunststoffbasierten additiven Fertigungsverfahren ab</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Vorlesung Additive Fertigung - Kunststoffe adressiert vertieftes Fachwissen zur schichtweisen Herstellung von Kunststoffbauteilen. Die Grundlage dieser Vorlesung bildet die Einteilung Additiver Fertigungsverfahren in die sieben Prozesskategorien, die Klassifizierung in Rapid Prototyping, Rapid Tooling und Rapid Manufacturing sowie die Generierung der Fertigungsdaten (Preprocessing). Eine ausführliche Übersicht über die aktuell fertigbaren polymeren Werkstoffe und Energiequellen, bestehend aus Laserstrahl, UV- und Infrarot-Strahlung führt zu einem tiefen Verständnis der darauf basierenden additiven Fertigungsverfahren für die Verarbeitung polymerer Werkstoffe. Es folgt die Beschreibung, Erläuterung und Diskussion der etablierten, heute kommerziell verfügbaren kunststoffverarbeitenden Schichtbauverfahren. Hierzu zählen u. a. die Verfahren Laser-Sintern und Multi-Jet-Fusion, Vat Photopolymerization und Material Extrusion. Weitere Bestandteile der Vorlesung umfassen die additiv-gerechte Konstruktion, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit. Die Vorlesung wird durch Übungen ergänzt, die das theoretische Wissen der Studierenden vertiefen.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klausur 'Additive Fertigung - Kunststoffe' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> </ul>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Additive Fertigung - Metalle</b> Additive Manufacturing – Metals					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Additive Fertigung – Metalle		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Jan Sehrt a) Prof. Dr.-Ing. Jan Sehrt					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>unterscheiden die Studierenden verschiedene metallbasierte additive Fertigungsverfahren und ordnen diese ihren Prozesskategorien zu</li> <li>bewerten die Studierenden metallische Werkstoffe und Verfahren für spezifische Anwendungsfälle der metallbasierten additiven Fertigungsverfahren</li> <li>entwerfen die Studierenden ein Konzept zur Fertigung von additiv gefertigten Bauteilen aus Metall unter Berücksichtigung von Konstruktionsrichtlinien</li> <li>schätzen die Studierenden kritisch die vor- und nachgelagerten Prozessschritte der metallbasierten additiven Fertigungsverfahren ab</li> </ul>					
<b>Inhalte</b> a) Die Vorlesung Additive Fertigung - Metalle adressiert vertieftes Fachwissen zur schichtweisen Herstellung metallischer Bauteile. Die Grundlage dieser Vorlesung bildet die Einteilung Additiver Fertigungsverfahren in die sieben Prozesskategorien, die Klassifizierung in Rapid Prototyping, Rapid Tooling und Rapid Manufacturing sowie die Generierung der Fertigungsdaten (Preprocessing). Eine ausführliche Übersicht über die aktuell fertigbaren metallischen Werkstoffe und Energiequellen, bestehend aus Laserstrahl, Elektronenstrahl, Lichtbogen und kinetischer Energie führt zu einem tiefen Verständnis der darauf basierenden additiven Fertigungsverfahren für die Verarbeitung metallischer Werkstoffe. Es folgt die Beschreibung, Erläuterung und Diskussion der etablierten, heute kommerziell verfügbaren, direkten und indirekten metallverarbeitenden Schichtbauverfahren. Hierzu zählen u. a. die pulverbettbasierten Verfahren Laser-Strahlschmelzen und Elektronen-Strahlschmelzen, Direct Energy Deposition, Binder Jetting und Material Extrusion. Weitere Bestandteile der Vorlesung umfassen die additiv-gerechte Konstruktion, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit. Die Vorlesung wird durch Übungen ergänzt, die das theoretische Wissen der Studierenden vertieft.					
<b>Lehrformen / Sprache</b> a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b> • Klausur 'Additive Fertigung - Metalle' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Advanced Characterisation Methods**

Advanced Characterisation Methods

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Advanced Characterisation Methods			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr. Tong Li

a) Dr. rer. nat. Christoph Somsen, Apl. Prof. Jan Frenzel, Prof. Dr. Tong Li

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Für die Teilnahme an der Vorlesung sind keine formalen Voraussetzungen zu erfüllen. Grundlagen zum Aufbau fester Stoffe, zu Kristalldefekten und zu den chemischen und mikroskopischen Untersuchungsmethoden werden kurz wiederholt, eventuell muss aus dem Grundlagenbereich ergänzend nachgearbeitet werden.

**Lernziele/Kompetenzen**

Die Studierenden sind nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls in der Lage,

- die wichtigsten Methoden der skalenübergreifenden Charakterisierung von Werkstoffgefügen gezielt einzusetzen und die Ergebnisse auszuwerten.
- einer Fachvorlesung in englischer Sprache zu folgen und in Englisch fachlich zu kommunizieren. Dabei lernen sie die in der akademischen und technischen englischen Fachliteratur zur Werkstoffcharakterisierung gängigen Fachbegriffe kennen und anwenden.
- in aktuellen Fachzeitschriften veröffentlichte Ergebnisse zur lokalen chemischen Zusammensetzung und zu Materialstrukturen im Nanobereich zu verstehen und zu bewerten.
- Mikrostrukturen skalenübergreifend wahrzunehmen und dabei insbesondere Informationen auf atomaren Skala und der nano- und mikrostrukturellen Ebene mit makroskopischen Werkstoffeigenschaften in Beziehung zu setzen.
- Kristallorientierungen bzw. Kristallstrukturen aus Elektronenbeugungsdaten sicher abzuleiten.
- Kristalldefekte, wie Versetzungen und planare Fehler (die das mechanische Werkstoffverhalten bestimmen) hinsichtlich aller wichtigen Parameter zu analysieren (gb-Analyse).
- Ergebnisse zur lokalen Legierungschemie, aus Untersuchungen an Elektronenmikroskopen und an der Atomsonde richtig einzuordnen und auszuwerten.
- moderne Computerprogramme zur Analyse von Daten zu nutzen, die bei der Elektronenmikroskopie (Bildanalyse und Analyse von Defekten) bzw. bei der Atomspektrometrie (Bildanalyse und Analyse der lokalen Legierungschemie anfallen) erfasst werden.

**Inhalte**

a)

Fortschritte in der modernen Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sind nur möglich, wenn Werkstoffe skalenübergreifend charakterisiert werden können. Dies beginnt auf der atomaren Skala, wo es um die Anordnung von Atomen in amorphen und kristallinen Festkörpern geht. Viele prägende Werkstoffeigenschaften sind durch die dreidimensionale Materialmorphologie auf den sub-nm und sub-µm Skalen bestimmt. Die Kernmethoden, die hier Aufklärung schaffen, werden in

dem Modul Advanced Characterization Methods besprochen. Dazu gehören die Raster- und die Transmissionselektronenmikroskopie (REM und TEM) und die Atomsondendtomographie (3D-APT).

Dieses Modul wendet sich an fortgeschrittene Studierende und vermittelt vertiefte Kenntnisse im Bereich der Rasterelektronenmikroskopie (REM), der Durchstrahlungselektronenmikroskopie (TEM) und der 3D-Atomsondendtomographie (3D-APT). Die Hauptinhalte des Moduls sind:

- Grundlagen des atomaren Aufbaus fester Stoffe (amorphe und kristalline Systeme), Wechselwirkung von Elektronen- und Ionenstrahlen mit Materie, Theorie der Bildentstehung (Interpretation von Kontrasten)
- Aufbau und Funktionsweisen der drei Schlüsselmethoden: REM, TEM und 3D-Atomsonde
- Bestimmung von Kristallorientierungen im REM (OIM/EBSD) und im TEM
- Analyse von Defekten in REM und TEM (Poren, Versetzungsichten, gb-Analysen)
- Chemische Analyse nanoskaliger Segregationsprozesse an Grenzflächen und der Zusammensetzung von kleinsten Nanoteilchen
- Rechnergestützte Analyse von Daten, die mit den drei Methoden ermittelt werden (orientierungsabbildende Rasterelektronenmikroskopie (REM), Auswertung von Beugungsinformation (TEM) und Extraktion chemischer Zusammensetzung aus umfangreichen 3D-APT-Datensätzen)
- Das Entwerfen zielführender Workflows, bei denen Ergebnisse der unterschiedlichen Bereiche (z.B. TEM und 3D-APT) zusammengeführt werden

#### **Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Englisch / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

- Klausur 'Advanced Characterisation Methods' (180 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

#### **Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Materials Science and Simulation

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

<b>Advanced Materials Processing and Microfabrication</b>					
Advanced Materials Processing and Microfabrication					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Advanced Materials Processing and Microfabrication		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber					
a) Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber, Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden sind nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls in der Lage,					
<ul style="list-style-type: none"> <li>die Calphad-Methode auf werkstofftechnische Fragestellungen selbstständig anzuwenden und die berechneten Ergebnisse mit experimentellen Daten zu korrelieren.</li> <li>Zusammenhänge zwischen den Grundlagen der Thermodynamik von Mehrstoffsystemen, thermodynamischen Berechnungen und werkstofftechnischen Prozessen am Beispiel metallischer Elemente und Legierungen herzustellen.</li> <li>Sonderverfahren der Fertigungstechnik für Anwendungen in der Forschung und der industriellen Fertigung hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile zu bewerten und auszuwählen.</li> <li>neue Werkstoffsysteme und Fertigungsprozesse durch Kooperation in kleinen Gruppen auf einer theoretischen Basis zu konzipieren und zu planen.</li> <li>die Bedeutung von grenzflächendominierten Werkstoffen zu verstehen und Verfahren der Oberflächenprozessierung sowie der Mikro- und Nanotechnik zu deren Herstellung auszuwählen und zu beurteilen</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Inhalte der Lehrveranstaltung unterteilen sich auf die Vorlesung sowie die begleitend angebotene Übung. Sie werden nachfolgend nach diesen Lehrformaten zusammenfassend dargestellt.					
1. Vorlesung					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Calphad-Methode (<i>Calculation of Phase Diagrams</i>)</li> <li>- Theoretische Grundlagen und Verwendung eines Calphad-Programms</li> <li>- Theoretische Betrachtung von Erstarrungsvorgängen im thermodynamischen Gleichgewicht und auf der Grundlage des Scheil-Gulliver-Modells</li> <li>- Verknüpfung der theoretischen Ansätze mit Anwendungsbeispielen aus der aktuellen Werkstoffforschung und der industriellen Praxis, u.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstarrungsgefüge und Wärmebehandlung von Ni-Basis-Superlegierungen</li> <li>• Mehrphasenstähle (bspw. DP- und TRIP-Stähle)</li> <li>• Wasserstoffumgebungsversprödung</li> </ul> </li> </ul>					

- High Interstitial Steels
- High Entropy Alloys
- Super-Solidus Liquid Phase Sintering
- Thixotrope Formgebung
- Thermophysikalische Eigenschaften metallischer Werkstoffe
- Pulvermetallurgie hochlegierter Werkstoffe
- Additive Fertigung
- Mehrstufige Wärmebehandlungsprozesse
- Mehrphasengleichgewichte in neuartigen Schnellarbeitsstählen
- Property Distribution Mapping

- Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung thermodynamischer Gleichgewichtsberechnungen in der Werkstoffforschung.
- grundlegende Konzepte und Verfahren der Mikro- und Nanotechnik
- fortgeschrittene und spezielle Methoden der Materialprozessierung
- grenzflächendominierte Höchstleistungswerkstoffe

## 2. Übung

Im Rahmen der Übung erfolgt zunächst eine praktische Einführung in die Verwendung einer Calphad-Software. Anschließend werden einfache Übungsaufgaben (z.B. Fe-Fe3C-Phasendiagramm) durch die Studierenden selbstständig, unterstützt durch den Lehrenden, berechnet. Ausgewählte Anwendungsbeispiele der Vorlesung, die eine höhere Komplexität aufweisen, werden in Kleingruppen und auf der Basis von vorbereiteten Aufgabenstellungen weitestgehend eigenständig durch die Studierenden bearbeitet. In gleicher Weise erfolgt eine Einführung in ein Programm zur Berechnung von Diffusionsvorgängen in metallischen Mehrkomponentensystemen. Auch hierzu erfolgt zunächst eine Einführung mit einfachen Übungsaufgaben (z.B. Darken-Experiment), gefolgt von komplexeren Fragestellungen mit einem direkten Bezug zu den Inhalten der Vorlesung. Die Kleingruppen bereiten im Rahmen der Übung semesterbegleitend eine Kurzdokumentation vor, die abschließend im Plenum diskutiert wird.

### Lehrformen / Sprache

- a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

### Prüfungsformen

- Klausur 'Advanced Materials Processing and Microfabrication' (180 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

### Verwendung des Moduls

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

### Stellenwert der Note für die Endnote

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

### Sonstige Informationen

<b>Advanced Systems Engineering</b>					
Advanced Systems Engineering (ASE)					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Modul Advanced Systems Engineering			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard					
a) Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>verfügen Studierende über ein breites, integriertes Wissen über die über Methoden und Werkzeuge des Advanced Systems Engineering</li> <li>haben Studierende ein umfassendes Verständnis vom Zusammenwirken der relevanten Softwaresysteme und von Integrationskonzepten aus Sicht des Advanced Systems Engineernings erworben und können dieses situativ angepasst anwenden, um z.B. differenziert die CAx und PDM/ PLM Prozessketten zu beurteilen.</li> <li>sind die studierenden in der Lage Problemstellungen im Rahmen der Entwicklung komplexer technischer Systeme eigenständig zu analysieren, zu bewerten und eine Systemarchitektur auf Basis von Anforderungsmanagement zu erarbeiten.</li> <li>verfügen Studierende über exemplarische, interdisziplinäre Methodenkompetenz der domänenübergreifenden Modellierung und können komplexe technische Systeme selbstständig in einer objektorientierten Modellierungssprache (z.B. SysML) modellieren, verstehen und die erarbeiteten Modelle bewerten</li> <li>können kooperativ Aufgabenstellungen der Modellierung und Simulation im Umfeld von Advanced Systems Engineering in heterogenen Gruppen bearbeiten, Abläufe und Ergebnisse begründen und über Sachverhalte in Verbindung mit dem Aufbau von IoT-Lösungen und Digitalen Zwillingen kommunizieren. Indem sie praktische Fallbeispiele und Aufgaben bearbeiten, können sie die erlernten Fertigkeiten im Umgang mit entsprechenden Softwaresystemen auf konkrete Problemstellungen der des Modellbasierten Systems Engineering übertragen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Digitalisierung eröffnet zahlreiche Nutzenpotenziale für neuartige Marktleistungen der Industrie auf Basis von technischen Systemen, die durch hohe Komplexität und Interdisziplinarität gekennzeichnet sind. Ein Ansatz, die Grenzen klassischer Entwicklungsmethoden zu überwinden, ist das Advanced Systems Engineering, das auf das modellbasierte und integrative Zusammenwirken der Disziplinen und Aspekte der Produktentstehung in einem Entwicklungsansatz fokussiert und somit eine ganzheitliche Produktentstehungsmethodik unter Einbeziehung systemtechnischer Methoden darstellt. Die Vorlesung behandelt aus einer übergeordneten Perspektive des Gesamtprozesses die Methoden und Werkzeuge, die bei der Entwicklung von komplexen technischen Systemen Anwendung finden.					

Dabei wird insbesondere das Modell Based Systems Engineering (MBSE) Konzept sowie die Systemmodellierungssprache SysML angewendet und von den Studierenden selbst Projektaufgaben im Umfeld von IoT Anwendungen und dem Aufbau von Digitalen Zwillingen erarbeitet. Folgende Themen sind Gegenstand des Moduls

- Einführung Grundlagen und Begriffe des Advanced Systems Engineering
- Model Based Definition und Model Based Systems Engineering
- Systemdefinition und formale Modellierung, Modellierungssprachen, z.B. Sys-ML
- Anforderungsmanagement
- Modellierung und Simulation zusätzlich zur mechanischen Struktur
- Domänenübergreifende Aspekte von Steuerungstechnik/Elektrotechnik
- Spezialisierte Modellierungsmethoden für Logik- und Verhalten
- Lückenlose Werkzeugketten und Durchgängigkeit der Modelle
- Integration aller Domänen in PLM (Mechanik + E/E + Software/Steuerungstechnik)
- Simulation, Verifikation und Validierung
- Methoden für die Planung, Überwachung und Durchführung von Projekten im Hinblick auf Technologie, Zeit und Kosten

#### **Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

- Klausur 'Advanced Systems Engineering' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Studienbegleitende Aufgaben: Hausarbeiten (Sofern die Hausarbeiten vor der Modulabschlussprüfung absolviert werden, sind optional Bonuspunkte für die Klausur möglich) (Umfang und Abgabefristen wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
- Bestandene studienbegleitende Aufgaben: Hausarbeiten (Umfang und Abgabefristen wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben“)

#### **Verwendung des Moduls**

- M.Sc. Sales Engineering and Product Management
- M.Sc. Maschinenbau
- M.Sc. Angewandte Informatik

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

## Advanced Topis of Experimental Micromechanics and Microtribology

Advanced Topis of Experimental Micromechanics and Microtribology

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>		
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>		
a) Advanced Topis of Experimental Micromechanics and Microtribology		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>							
Prof. Dr. Francesca di Mare							
a) Dr. St. Brinckmann							
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>							
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>							
After successful completion of the module, the students will be able to:							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use and evaluate different experimental techniques and design new setups based on macroscopic and microscopic mechanical testing designs</li> <li>• Use interpreted programming to extract advanced characteristics of micromechanical and microtribological data</li> <li>• Derive equations for micromechanics and create numerical models that mimic the experimental characteristics and limitations</li> <li>• Use statistics to generate uncertainty measures for mechanical experiments at the microscale; compare the analytical models with numerical approximations</li> </ul>							
<b>Inhalte</b>							
a)							
This modul discusses how micromechanics and microtribology can be used to extract advanced material phenomena of metal deformation at the microscale. Among other topics, this module will discuss:							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• The history of experimental micromechanics using indentation and nanoindentation</li> <li>• Limitations of experimental micromechanics and microtribology</li> <li>• File formats of experimental micromechanics, conversion and size limitations</li> <li>• An interpreted computer languages and its use to investigate phenomena at the microscale</li> <li>• Statistical uncertainty analysis based on the derivation of mechanical equations and discussion of uncertainty dependence and independence</li> <li>• Numerical models that mimic experiments at the micrometer scale. Overview of continuum and fracture mechanics based models</li> <li>• Design of numerical mechanical models and evaluation of their limitations. Comparison of these limitations with the statistical uncertainty of experiments</li> <li>• Design of new micromechanical and microtribological experiments, evaluation of the expected stress state and possible crack formation</li> </ul>							
<b>Lehrformen / Sprache</b>							
a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Englisch							
<b>Prüfungsformen</b>							
• oral online exam, depending on the number of participants							

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

passed oral exam

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

The lecture is given in the English language in live online lectures and practical work.

The course is designed for an optimal learning experience of 5-10 students.

## Angewandte Finite-Elemente-Methoden

Applied-Finite-Elemente-Methods

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Angewandte Finite-Elemente-Methoden		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. J. Scholten

a) Prof. Dr.-Ing. Sebastian Bauer

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Die erfolgreiche Teilnahme des Moduls Offroad-Maschinen: Systemanalyse wird empfohlen.

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- können die Studierenden im Hinblick auf die Verifikation neuer Produkte die Ergebnisse von FE-Simulationen zur Untersuchung struktur- werkstoffmechanischer Problemstellungen hinsichtlich eines geeigneten Modellierungsansatzes (u.a. Randbedingungen, Lastannahmen) bewerten, entscheiden welche Bereiche des Modells nur vor dem Hintergrund der Modellannahmen auswertbar sind und die maßgeblichen Kennwerte (bspw. Kerbspannung) für die weitere Produktverifikation auswählen.
- sind die Studierenden in der Lage für die Verifikation neuer Produkte die relevanten struktur- werkstoffmechanischen Fragestellungen selbstständig zu erarbeiten und hierfür geeignete FE-Modellierungsansätze zu entwickeln, wozu sie die relevanten Materialmodelle wie auch Simulationsverfahren ableiten, Randbedingungen und Lastannahmen erstellen und eine geeignete Vereinfachung sowie Vernetzung (1D bis 3D) konzipieren können.
- können die Studierenden als Voraussetzung für die Erreichung der weiteren Lernziele die Grundlagen und die Anwendung der FE-Methode verstehen und ein exemplarisches FE-Softwarepaket selbstständig anwenden.
- können die Studierenden aufgrund der interaktiven Gestaltung des Moduls die Bearbeitung einer komplexen Problemstellungen innerhalb eines Teams organisieren, Ergebnisse effektiv präsentieren, konstruktive Kritik üben wie auch kritische Äußerungen zu eigenen Stellungnahmen annehmen.

### Inhalte

a)

Auf Grund von Materialeinsparungen im Leichtbau, der geforderten Zuverlässigkeit von Maschinensystemen und dem steigenden Drang zur Kostenreduzierung sind Simulationstechniken in der Industrie von immer entscheidenderer Bedeutung. In Anbetracht dieser Aspekte stellt die Methode der Finiten-Elemente, als etabliertes Verfahren zur Lösung komplexer mathematischer Problemstellungen in physikalischen Systemen, in der strukturmechanischen Auslegung und Verifikation von Bauteilen und Systemen einen unverzichtbaren Simulationsansatz dar. Zu Beginn des Moduls wird zunächst die Theorie der FEM am Beispiel der Abbildung eines Stabes anwendungsorientiert vorgestellt. Anschließend erfolgt der Vergleich von Balken-, Schalen- und Volumenelementen anhand der Modellierung eines gewinkelten I-Profilträgers, um hier insbesondere die sich daraus ergebenden Unterschiede in der Lasteinleitung, hinsichtlich möglicher Singularitäten sowie der Auswirkung linearelastischen und elastisch-

plastischen Materialverhaltens diskutieren zu können. Aufbauend auf diesen einfachen Beispielen wird im nächsten Schritt die Abbildung eines Monoblockauslegers eines Hydraulikbaggers erarbeitet. Besonderes Augenmerk gilt hier dem Festlegen der Randbedingungen, der Lasteinleitung sowie der Möglichkeit, durch hybride Ansätze (Volumen-Schalen-Anbindung) im Sinne der Rechenzeit sowie der Abbildungsgüte geeignet zu vernetzen. Daran anschließend werden Ansätze zur Modellierung und Bewertung von nicht-linearen Materialmodellen zur Darstellung des Materialverhaltens von Komponenten aus Polymer- und Faserverbundwerkstoffen näher erläutert und anhand einer einfachen Probengeometrie simuliert. Des Weiteren erfolgt eine Einführung in die Modellierung mit KontaktElementen und das Aufzeigen realer Praxisbeispiele, wobei am Beispiel einer vorgespannten Schraubenverbindung die dabei zu berücksichtigenden Besonderheiten diskutiert werden. Als Abschluss des Themengebiets Strukturmechanik wird die Methode der Submodellierung zur Berechnung örtlicher Spannungen eingesetzt. Die anschließende Behandlung der Strukturdynamik mittels FE wird zunächst durch die Einführung der Grundlagen am Beispiel eines Zwei-Massenschwingers vorbereitet, bevor am Beispiel eines Kabinen-Bodenblechs bzw. einer vollständigen Fahrerkabine eines Mobilkrans die Methode und die praktische Relevanz einer Modalanalyse thematisiert wird. Zur Abrundung findet am Ende des Moduls eine Vorstellung von Anwendungsbeispielen aus den verschiedenen Bereichen der Offroad-Maschinen auf Basis der vermittelten Verfahren zur Produktverifikation statt.

#### **Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

- Mündlich 'Angewandte Finite-Elemente-Methoden' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, 30 min. Einarbeitungszeit mit anschließender max. 60 min. mündl. Prüfung in Gruppen)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

#### **Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

<p><b>Arbeits- und Anlagensicherheit</b> Occupational and Plant Safety</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
3 LP	90 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Arbeits- und Anlagensicherheit</p>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) 2 SWS (30 h)		a) 60 h	a) jedes WiSe		
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p>					
Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald					
a) Dr.-Ing. J. Neumann					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Empfohlene Vorkenntnisse: keine</p>					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können/haben Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>im sicherheitstechnischen Bereich exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung darstellen</li> <li>die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren im technischen und organisatorischen Arbeitsschutz auszuwählen und auf analoge Beispiele systematisch und praxisgerecht anzuwenden</li> <li>dabei auch eine interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese anwenden</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b> a) Arbeitsschutzorganisation, Gefahrstoffe, Primäre und Sekundäre Schutzsysteme, Risikoanalyse, Zuverlässigkeit, Brand- und Brandschutz, Sicherheitstechnische Kenngrößen, Explosionen und Explosionsschutz, Schall und Lärmschutz, Zertifizierung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ISO 45001</p>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b> a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch</p>					
<p><b>Prüfungsformen</b> • Klausur 'Arbeits- und Anlagensicherheit' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</p>					
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b> Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur</p>					
<p><b>Verwendung des Moduls</b> MSc. Umweltingenieurwesen</p>					
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 * 100 * FAK / DIV FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18). DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.</p>					
<p><b>Sonstige Informationen</b></p>					

**Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit)**

Occupational Science (including Occupational Safety)

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	3 LP	90 h	8. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit)			a) 2 SWS (30 h)	a) 60 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

PD Dr.-Ing. C. Treier

a) PD Dr.-Ing. C. Treier

**Teilnahmevoraussetzungen****Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden kennen Grundlagen angrenzender, für den Maschinenbau relevanter Ingenieurwissenschaften und organisatorische Aspekte.
- Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.
- Ferner verfügen die Studierenden über fachübergreifende Methodenkompetenz.

**Inhalte**

a)

Die Arbeit des Menschen ist einer der zentralen Erfolgsfaktoren im Unternehmen, um nachhaltig effiziente, qualitativ hochwertige und damit konkurrenzfähige Produkte und Dienstleistungen zu erstellen bzw. anzubieten. Die Lehrveranstaltung will die Grundlagen des Fachgebietes vermitteln, indem sie die folgenden Inhalte thematisiert, wobei der Fokus „Methoden und Werkzeuge“ dazu beitragen soll, auch nicht behandelte oder nur angerissene ergonomische Themenbereiche durch Selbststudium für gestalterische Problemlösungen zugänglich zu machen:

- Grundprinzipien und Bedeutung der Arbeitswissenschaft (Arbeitssystem, Belastung- Beanspruchung)
- Physiologische und psychologische Grundlagen
- Rolle und Bedeutung von „Humannormen“
- Transfer arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse in Gestaltungsfelder (Interface: Mensch(en) – technisches System)
- Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeitsplätzen/-systemen
- Einführung in die arbeitssystemorientierte Prozessanalyse und –gestaltung
- Sicherheitsgerichtete Perspektiven bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen/-systemen
- Gesetzliche Rahmenbedingungen mit arbeitswissenschaftlichen Inhalten
- Grundlagen der betrieblichen Arbeitsorganisation
- Arbeitswissenschaftliche Kernelemente moderner Managementsysteme (Prozessorientierung, kontinuierliche Verbesserung, "Gerichtsfestigkeit")
- Organisatorische Bausteine des Arbeits- und Gesundheitsschutzes und deren Integration in ein umfassendes (Sicherheits-) Management.

**Lehrformen / Sprache**

a) Blockseminar / Deutsch

<b>Prüfungsformen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Klausur 'Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit)' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li></ul>
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>
<b>Verwendung des Moduls</b> keine Angabe
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 * 100 * FAK / DIV FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18). DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
<b>Sonstige Informationen</b>

**Auslegung von Triebwerks- und Gasturbinenverdichtern**

Design of Aero Engine and Gas Turbine Compressors

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	3 LP	90 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Auslegung von Triebwerks- und Gasturbinenverdichtern		a) 2 SWS (30 h)		a) 60 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr. Francesca di Mare

a) Prof. Dr.-Ing. Reinhard Mönig

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Turbomaschinen, Gasdynamik

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- verstehen Studierende die wichtigsten physikalischen Unterschiede zwischen Unterschall- und Transschallströmungen und sind in der Lage, gasdynamische Effekte in Turbomaschinen qualitativ und quantitativ zu bewerten
- Sie verstehen wichtige Designkriterien und die technischen Limitierungen von transsonischen Verdichterstufen und sind in der Lage, solche Verdichterstufen selbstständig zu konzipieren.
- Mit Hilfe von gut etablierten Modellen können sie die Leistungsparameter und Wirkungsgrade von Subsonikverdichtern überschlägig ermitteln
- Sie verstehen die wichtigsten aerodynamischen Effekte beim Teillastbetrieb von vielstufigen Axialverdichtern und sind in der Lage, gute Auslegungskonzepte für Triebwerks- und Gasturbinenverdichter eigenständig zu entwickeln
- Durch ausführliche Herleitung wichtiger Berechnungsansätze und aktive Beteiligung wird die Nachvollziehbarkeit der behandelten Modelle gewährleistet und die Studierenden sind in der Lage, die vermittelten Inhalte auf andere thermische Strömungsmaschinen zu übertragen.

**Inhalte**

a)

- **Grundlagen kompressibler / transsonischer Strömungen**

Schallgeschwindigkeit, Störungsausbreitung in Überschallströmungen, Lavaldüse, thermodynamische Zusammenhänge in kompressiblen Strömungen, Senkrechte und schräge Verdichtungsstöße, Prandtl-Meyer-Expansion

- **Transsonikverdichter**

Definitionen und Limitierungen von Transsonikverdichtern, Aerodynamik, Festigkeitsaspekte, Leistungsparameter, Strömungszustände in transsonischen Verdichterstufen, Energieumsetzung in transsonischen Verdichterstufen,

Transformation der Stoßgleichungen ins Relativsystem, Auslegungsphilosophie moderner Transsonikverdichter, gasdynamische Betrachtung und Verständnis transsonischer Verdichtergitter, Auslegungsrichtlinien von Transsonikgittern, Off-Design-Verhalten und Betriebsgrenzen transsonischer Verdichtergitter, Sperr- und Abreißgrenze

- **Subsonikverdichter**

Kritische Machzahl in Unterschallstufen, Arbeitsbereich von subsonischen Verdichterstufen, positive und negative Abreißgrenze, Chokegrenze,

Auslegungsphilosophien subsonischer Verdichtergitter, Profilfamilien und Auslegungsregeln, Auslegungskorrelationen und Betriebsverhalten von Verdichtergittern, Auslegungssystematik, Vorhersage des Off-Design-Verhaltens

- **Auslegung und Betriebsverhalten von Axialverdichtern**

Charakteristik von Axialverdichterstufen, Auslegungsparameter von Axialverdichterstufen und Einfluß auf das Betriebsverhalten, Ähnlichkeit bei Verdichtern, reduzierte Drehzahl, reduzierter Massenstrom und dimensionsloses Kennfeld, Modellierung des Betriebsverhaltens von Axialverdichtern, Auslegung und Berechnung des Off-Design-Verhaltens (Kennfeld), Auslegungsphilosophien von Axialverdichtern, Einfluß verschiedener Auslegungsphilosophien auf das Betriebsverhalten, Auslegungsempfehlungen für gutes Betriebsverhalten, Off-Design-Betriebsverhalten von Axialverdichtern, Betriebsverhalten bei Gegendruck- und Drehzahländerung, Wahl von günstigen Auslegungsparametern

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung (2 SWS) / Exkursion / Deutsch

**Prüfungsformen**

• Mündlich 'Auslegung von Triebwerks- und Gasturbinenverdichtern' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Ab einer Teilnehmerzahl größer 10 kann die Prüfung auch schriftlich durchgeführt werden.)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung**

Chemical Process Design Examples

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald

a) Dr.-Ing. Julia Riese

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: abgeschlossenes Modul „Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung“

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende

- Prozesse zur Herstellung chemischer Produkte entwickeln und deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft einschätzen
- den notwendigen Informationsbedarf für diese Aufgaben erkennen, Informationsquellen finden und diese Informationen beschaffen
- einen komplexen Prozess in gängigen Simulationsumgebungen (Aspen Plus®) implementieren, Simulationen durchführen und deren Ergebnisse anhand von Parameter- und Sensitivitätsanalysen kritisch bewerten sowie aus den Ergebnissen weiteren Handlungsbedarf ableiten
- sich selbstständig und systematisch in kurzer Zeit in neue Aufgaben einarbeiten

**Inhalte**

a)

In der Lehrveranstaltung werden Simulationsmethoden für komplexe Prozesse der chemischen Industrie vermittelt. Dazu werden insbesondere nachfolgende Themen adressiert:

- Aufgaben von und Voraussetzungen für erfolgreiche Prozesssimulation
- Simulationstypen und deren Vor- und Nachteile
- Kriterien zur Auswahl von Modellen für die Abbildung gängiger Unit Operations sowie die benötigte Datengrundlage und Grenzen der Modelle
- Lösungsstrategien für komplexe Rückführungen
- Prozess Analysis Tools wie Sensitivitätsanalysen, Design Specs und Optimierung
- Simulationstechnische Möglichkeiten der Wärme- und Ressourcenintegration

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Gruppenprüfung)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Gruppenprüfung

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Biomechanik**

Biomechanics

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8./ 9. Sem.	2 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Synthese biomechanischer Konstruktionen b) Analyse biomechanischer Systeme			a) 2 SWS (30 h) b) 2 SWS (30 h)	a) 45 h b) 45 h	a) jedes SoSe b) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Beate Bender

a) Prof. Dr.-Ing. Ulrich Witzel

b) Prof. Dr.-Ing. Ulrich Witzel

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Keine

**Lernziele/Kompetenzen****Synthese biomechanischer Konstruktionen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- verstehen Studierende die Bedeutung biologischen Leichtbaus durch biegeminimierende Zuggurtungen und Spannungshomogenisierung
- wenden Studierende das Gesetz der kausalen Histogenese zum Verständnis der Entstehung verschiedener Gewebe an
- implementieren Studierende biomechanische Synthesen mit der Methode der finiten Elemente in Rechnern und visualisieren und bewerten die Ergebnisse
- klassifizieren und kombinieren Studierende interdisziplinär Wissen aus Ingenieurwissenschaften, Biologie und Medizin
- leiten Studierende aus biomechanischen Gesetzen Synthesen biomechanischer Konstruktionen ab
- Die Studierenden können sich selbstständig neue Sachverhalte erschließen und über Synthesen biomechanischer Konstruktionen deren Funktionsbelastung ermitteln. Sie haben gelernt konstruktiv Kritik zu üben und kritische Äußerungen zu eigenen Stellungnahmen anzunehmen.

**Analyse biomechanischer Systeme**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- verstehen Studierende den Einfluss mechanischer Spannungen auf biologische Strukturen im Rahmen der Ontogenese und Phylogenetse
- wenden Studierende Wissen über Anatomie und Bionik an, um biomechanische Systeme zu modellieren
- analysieren Studierende biomechanische Modelle mit der Methode der finiten Elemente, implementieren dies in Rechnern und visualisieren und bewerten die Ergebnisse
- klassifizieren und kombinieren Studierende interdisziplinär Wissen aus Ingenieurwissenschaften, Biologie und Medizin
- leiten Studierende aus biomechanischen Gesetzen Anwendungen für konkrete Problemlösungen ab

- Die Studierenden können sich selbstständig neue Sachverhalte erschließen und analysieren. Sie haben gelernt konstruktiv Kritik zu üben und kritische Äußerungen zu eigenen Stellungnahmen anzunehmen.

#### **Inhalte**

a)

Das Zuggurtungsprinzip und die biegungssarme Knochenbelastung, Wolffsches-Transformationsgesetz der Knochen: Atrophie, Hypertrophie und Nekrose, permanente Implantate, biokompatible und bioaktive Implantatwerkstoffe, Zahnwurzelimplantate, Hüftendoprothesen, Knieendoprothesen, Schulterendoprothesen, FESS: Finite-Elemente-Struktur-Synthese, virtuelle Schädelsynthesen, Funktioneller Evolutionsdruck

b)

Aufbau des menschlichen Stütz- und Bewegungsapparats, Spannungsverteilungen in knöchernen und bindegewebigen Strukturen, Osteosynthese und eingesetzte Implantate, Gelenke, Gelenkhydraulik, Biomechanik des Knorpels, der Bänder, Sehnen und Muskeln, FE in der Biomechanik, FESA: Finite-Elemente-Struktur-Analyse, Schädelanalysen, Einführung in die Bionik

#### **Lehrformen / Sprache**

- a) Übung (0,5 SWS) / Vorlesung (1,5 SWS) / Deutsch
- b) Übung (0,5 SWS) / Vorlesung (1,5 SWS) / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

- Mündlich 'Biomechanik' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

#### **Verwendung des Moduls**

MINT Modul

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

Die Modulteile können in beliebiger Reihenfolge belegt werden. Es ist ein Beginn sowohl im Winter- als auch im Sommersemester möglich

**Biotechnologie**

Biotechnology

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Biotechnologie			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner

a) Dr. rer. nat. Ute Merrettig-Brunns

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Grundkenntnisse in Biologie und Chemie erleichtern den Einstieg in die Thematik.

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- kennen Studierende die mikrobiologischen Grundlagen.
- verstehen Studierende die Vielzahl mikrobieller Stoffwechselprozesse und ihre Bedeutung für umweltbiotechnologische Verfahren.
- sind Studierende in der Lage biotechnologische Prozesse zu analysieren.

**Inhalte**

a)

- Übersicht über die mikrobiologischen Grundlagen (Systematik, Zellatomie, Vermehrung, Einführung in die Genetik)
- Hemmung der mikrobiellen Vermehrung
- Grundlagen mikrobiologischer Stoffwechselprozesse zur Energiegewinnung
- Umweltbiotechnologische Prozesse zur Behandlung von Abwasser, Abluft und festen Abfällen
- Enzyme und deren Anwendung in technischen Prozessen
- Vorstellung ausgewählter biotechnologischer Verfahren zur Wertstoff-Produktion
- Arbeitssicherheit in der Biotechnologie

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung (4 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Biotechnologie' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder**

Bioeconomy and Circular Economy - Concepts and Worldviews

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	3 LP	90 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder			a) 2 SWS (30 h)	a) 60 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Christian Doetsch

a) Dr. rer. nat. Thomas Marzi

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Interesse an interdisziplinären Perspektiven auf ingenieurwissenschaftliche Themen

**Lernziele/Kompetenzen**

Das übergeordnete Lehrziel des Moduls ist es, die Studierenden in die Lage zu versetzen, eine kritische, disziplinenübergreifende Reflexion der Themen Bioökonomie und Circular Economy vorzunehmen. Sie sollen lernen, die Denkmuster hinter den Konzepten zu erkennen, zu analysieren und zu bewerten.

Nach der Veranstaltung sollen die Studierenden die einzelnen Konzepte und Denkschulen der Circular Economy und Bioökonomie kennen sowie wissen, wie sie sich entwickelt haben, was sie trennt und was sie verbindet. Die Studierenden die Möglichkeiten und Grenzen bioökonomischer und zirkulärer Konzepte erfassen und bewerten können.

Weiterhin kennen die Studierenden die Denkmuster und Weltbilder, die hinter den Konzepten der Bioökonomie und Circular Economy stehen. Sie erhalten einen Zugang zu technik- und naturphilosophischem Denken, kennen die Systemperspektive der Bioökonomie und Circular Economy sowie ihre Sichtweise auf Technosphäre und Biosphäre. Dabei lernen sie, sich mit dem Leitbild der Bioökonomie und Circular Economy auseinanderzusetzen: Die Orientierung am Vorbild der Natur und deren Kreisläufen.

**Inhalte**

a)

Der anthropogene Ressourcenverbrauch und die damit verbundenen Emissionen gefährden Menschen und andere Lebewesen. Bei der Suche nach Antworten auf die Frage, wie dieser Gefährdung zu begegnen ist, wurden in den letzten Jahrzehnten eine Reihe neuer technisch-ökonomischer Konzepte entwickelt, von denen die „Circular Economy“ und „Bioökonomie“ die bekanntesten sind. In der Veranstaltung werden die Circular Economy und Bioökonomie näher betrachtet. Beide Konzepte haben einen Bezug zu den ökologisch-ökonomischen Wirtschaftsmodellen der 1960er und 70er Jahre haben Gemeinsamkeiten unterscheiden sich aber auch in wesentlichen Punkten. Ihre heutige Lesart, vor allem die der Bioökonomie, hat sich jedoch von ihren Ursprüngen entfernt. Beide Konzepte versprechen ein nachhaltiges Wachstum.

Wie bei allen technisch-ökonomischen Konzepten, verbergen sich hinter den Begriffen Bioökonomie und Circular Economy bestimmte Denkmuster, die auch Weltbilder genannt werden können. Diese sind nicht nur von theoretischem, sondern auch von praktischem Interesse, weil sie die Art und Weise

prägen, wie Technologien eingesetzt werden. Damit sind sie von ethischer Relevanz. Eines dieser Deutungsmuster ist die Vorbildfunktion, die die Natur für techno-ökonomische Konzepte haben soll und bei der das Kreislaufmotiv eine besondere Rolle spielt. So geht es in den meisten Konzepten der Circular Economy darum, nach dem Vorbild der Natur, Material- und Produktkreisläufe zu schließen und in der Bioökonomie sollen auch Kreisläufe der Natur genutzt werden. Der Kreislaufbegriff wird jedoch so gut wie nicht hinterfragt. Auch beruhen die Konzepte auf einem dualistischen Muster, das „Biosphäre“ („Natur“) und „Technosphäre“ („Kultur“) als getrennte Systeme betrachtet, die Stoffe und Energie austauschen. In der Bioökonomie werden diese Systeme teilweise zusammengefügt. Die Vorlesung, enthält deshalb auch technik- und biophilosophische Aspekte.

Inhalte der Veranstaltung sind:

- Einführung (Hintergründe und Inhalte der Vorlesung, Einführung in die Thematik, Lernziele)
- Wirtschafts-ökologischer Hintergrund (Grenzen des Wachstums?)
- Entwicklung der Circular Economy
- Entwicklung bioökonomischer Konzepte
- Denkschulen der Circular Economy und Bioökonomie
- Grundlegende Deutungsmuster der Circular Economy und Bioökonomie
- Biosphäre und Technosphäre (Was ist Natur?, Was ist Kultur? Was bedeutet die Natur-Kultur-Trennung, Was können wir über die Natur und ihre Naturprinzipien wissen, Was sind Bio- und Technosphäre?)
- Vorbild Natur? (Metaphern, Analogien und Modellübertragung)
- Das Kreislaufmotiv (historische Entwicklung, Kreislaufmodelle)
- Kreisläufe in der Bioökonomie und Circular Economy.

#### **Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

• Klausur 'Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, bei Unterschreitung einer bestimmten Teilnehmerinnen/ Teilnehmerzahl erfolgt eine mündliche Prüfung)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

#### **Verwendung des Moduls**

M.Sc. Umweltingenieurwesen

M.Sc. Maschinenbau

M.Sc. Sales Engineering and Product Management

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

## Business Development

Business Development

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8./9. Sem.	Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Business Development		a) 4 SWS (60 h)	a) 94 h	a) jedes Sem.	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner					
a) Prof. Dr.-Ing. Manfred Renner					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Das Modul Business Development richtet sich an Studierende, die im industriellen Umfeld die strategische Geschäftsfeldentwicklung gestalten wollen. Die Studierenden erlangen umfassendes Grundlagenwissen zur methodischen Erschließung und Entwicklung neuer Geschäftsfelder und ein grundsätzliches Verständnis des kontinuierlichen Wandels in dem sich moderne am internationalen Markt erfolgreiche Unternehmen stets befinden. Das Erlernte wird an konkreten Beispielen erläutert.					
Die Einbringung Ihrer fachlichen Kompetenzen ist gewünscht, um in möglichst interdisziplinären Gruppen aktiv Fallbeispiele bzw. Szenarien zu bearbeiten, zu diskutieren und zu präsentieren.					
Grundlagen der Betriebswirtschaft und/oder der Wirtschaftswissenschaften und des technischen und nichttechnischen Produktdesigns sind vorteilhaft.					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Technische Produktinnovationen und die Erschließung neuer Geschäftsfelder bieten immense Chancen und zeitgleich Risiken. Die Lehrveranstaltung vermittelt einen Leitfaden für die Entwicklung und Evaluation von Ideen und deren Überführung in neue Geschäftsfelder bzw. in die Weiterentwicklung bestehender Geschäftsfelder. Die Basis bildet die Definition von Faktoren, die ein Unternehmen dazu bewegen, das bestehende Geschäftsmodell zu verändern. Darauf aufbauend wird erarbeitet, wie Geschäftsfelder zielführend erweitert oder erschlossen werden. Beispielhaft genannt werden die 635-Methode, Design Thinking, die Osborne-Checkliste, Cross-Industry Analogies, Reifegradmodell-basiertes Management, die Morphologische Matrix, die Nutzwertanalyse etc.					
Das Erlernte soll in Gruppenarbeiten mit Hilfe realitätsnaher Szenarien und Beispielen gefestigt werden.					
In einer Hausarbeit wird ein Unternehmensprofil erarbeitet (vor allem in Hinblick auf die Art und Weise wie im jeweiligen Unternehmen Innovationen geschaffen und umgesetzt werden) und der Gruppe im Rahmen der Vorlesung vorgestellt.					
Diese Veranstaltung eignet sich für Masterstudierende der Fachrichtungen Maschinenbau und Sales Engineering and Product Management					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Vorlesung mit Übung / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Mündlich 'Business Development' ( <Ohne>, Anteil der Modulnote 100 %)					

<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>
--

<b>Verwendung des Moduls</b>
------------------------------

keine Angabe
--------------

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
--

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
---

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

## CO2-Abscheidung aus Industrieprozessen

CO2 Separation in Industrial Processes

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) CO2-Abscheidungen aus Industrieprozessen		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. V. Scherer a) Priv.-Doz. Dr.-Ing. M. Schiemann					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Zielsetzung: Die Vorlesung vermittelt ein Grundverständnis über CO2 als Treibhausgas und zugehörige CO2-Quellen. Der Entwicklungsstand und Perspektiven von Abtrennverfahren werden angesprochen. Der Einfluss der Abtrennung auf Transport und Speicherung wird aufgegriffen und wirtschaftliche, legislative und gesellschaftliche Aspekte werden diskutiert.					
Kompetenzen: Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die einzelnen Prozessschritte der CO2-Abscheidung und Lagerung bzw. Nutzung zu bewerten und kritisch einzuordnen. Sie werden in die Lage versetzt, Bezüge zu anderen Vorlesungen herzustellen und dort Gelerntes einzubringen. Eine Anwendung des neu erlernten Wissens erfolgt in einer kleineren vorlesungsbegleitenden Projektarbeit.					
<b>Inhalte</b>					
a) Aufbauend auf der Definition, den Ursachen und Auswirkungen von Klimawandel werden Arten von CO2-Quellen und alternative Energieträger betrachtet. Das Konzept der CO2-Abtrennung und Speicherung wird erläutert. Technische Maßnahmen zur CO2-Abtrennung wie Post-Combustion, Oxy-Fuel-Combustion und Pre-Combustion Capture werden diskutiert. Hierbei werden rechtliche Aspekte und Kosten betrachtet. Der Transport per Pipeline und Schiff wird behandelt. Risiken, Sicherheitsaspekte und Überwachung werden für die genannten Verfahren diskutiert. Als Speicherarten werden geologische Speicherung sowie die Speicherung im Ozean betrachtet. Karbonatbildung sowie die stoffliche Nutzung von CO2 werden diskutiert. Abschließend werden Komponentenkosten und CCS-Nutzungsszenarien betrachtet.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'CO2-Abscheidungen aus Industrieprozessen' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Bei einer Teilnehmerzahl < 10 kann die Prüfung auch mündlich durchgeführt werden)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
• Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
Msc. Umweltingenieurwesen					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					
Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV					
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).					

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

## Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock

Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstocks			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Thomas Ernst Müller

a) Dr. rer. nat. Berthold Fischer

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Empfohlen sind Vorkenntnisse in Chemie

### Lernziele/Kompetenzen

Today's energy and chemical feedstock supply and storage systems are based to a large extent on fossil resources. They need to be converted in the next decades into energy supply and feedstock systems that rely to a large extend on renewable feedstock. Most renewable sources are of intermittent nature and this will lead to completely new system design requirements to maintain reliable energy systems and a continuous feedstock supply for the chemical industry and other industries. Knowledge of these new systems and their development and implementation will be essential for graduates in the future.

Understanding that the reliability of the transformed energy systems and feedstock supply chain will rely on to a large extent on the three pillars energy storage, renewable (over)production, and carbon-based feedstocks

Ability to assess the different possibilities to deal with and balance the time-offset between power generation and power demand, know different technologies to store energy and distinguish different storage solutions and applying them to a given storage or feedstock

Understanding of the different types of carbon-based feedstocks and the application and industry where they are most suitable.

Ability to do a basic life cycle assessment of chemical feedstock supplies and chemical storage systems and their respective chances and boundary conditions for large scale adoption and implementation.

After successful completion of the module students should be able to

- have enhanced subject and method competences in the area of chemical energy storage and carbon-based feedstocks
- be familiar with current developments and technical principles in the area of chemical energy storage and carbon-based feedstocks
- compare different chemical energy storage concepts and carbon-based feedstocks and assess the suitability of these concepts in a process-chain analysis and under consideration of process technology aspects and applications
- assess and discuss thermodynamic and kinetic aspects of chemical energy storage and carbon-based feedstocks
- explain, estimate and calculate potentials, energy densities and efficiencies of storage technologies and concepts

- be familiar with interdisciplinary thinking at the interface of engineering and chemistry and can tackle actual and future problem definitions in the chemical industry, in particular regarding sustainability and use of renewable resources such as CO<sub>2</sub> and others
- enter industrial R&D in a cutting-edge field in the area of the „Energiewende“ and „Wasserstoffrepublik Deutschland“

#### Inhalte

a)

Since the beginning, human beings have made use of energy storage; history of energy storage from the perspective of the carbon cycle

- Thermodynamic basics of chemical energy storage
- Overview of energy storage technologies (including non-chemical)
- Technology and characteristics of conventional power plants
- Biogenic energy carriers; photosynthesis as the first energy storage process; fossil energy as a form of ancient biomass; solid (wood, coal), fluid (oils, crude oil) and gaseous (natural gas) biogenic energy carriers
- Chemical energy carriers in the energy system, power-to-gas (e.g. methane) and power-to-liquid (e.g. methanol); energy storage *via* fuels
- Electrochemical basics and applications for electrochemical energy storage; systems for electrochemical energy conversion and storage (batteries, electrolysis, fuel cells)
- Hydrogen storage technologies (generation, compression, liquefaction, adsorption, chemical binding to a carrier)
- Energy storage as heat
- Energy scenarios and modelling; Life Cycle Assessment
- What is a Feedstock? Renewable vs. depleting feedstock; renewable carbon-based feedstocks, CO<sub>2</sub>, biomass, biocoal; current feedstock consumption
- Value chain of fuels and chemicals; agricultural and industrial applications
- Renewable carbon-based feedstock for energy; biofuels from first generation corn-based, ethanol, biodiesel; second generation biofuels, cellulosics, oils, grasses; third and fourth generation, biofuels, algae
- Chemical conversion routes for carbon dioxide
- Biorefinery; production of aromatics from lignin; renewables as feedstock for polyesters, polycarbonates and polyurethanes

#### Lehrformen / Sprache

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch / Deutsch

#### Prüfungsformen

- Klausur 'Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstocks' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Bei einer Teilnehmerzahl unter 10 kann die Prüfung mündlich durchgeführt werden)
- Gehaltener Fachvortrag (wahlweise Deutsch oder Englisch) zu einem technischen Verfahren (Themen und Termine werden im Rahmen der Übung zur Lehrveranstaltung festgelegt)

#### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
- Gehaltener Fachvortrag zu einem technischen Verfahren (Themen und Termine werden im Rahmen der Lehrveranstaltung festgelegt)

#### Verwendung des Moduls

M. Sc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Vorlesung Englisch und Deutsch, Übungen vorzugsweise Deutsch aber auch Englisch möglich

<b>Computational Fracture Mechanics</b>					
Computational Fracture Mechanics					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Computational Fracture Mechanics		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Alexander Hartmaier					
a) Prof. Dr. Alexander Hartmaier					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Basic knowledge about solid mechanics and plasticity					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
The students attain the ability to independently simulate fracture including plasticity for a wide range of materials and geometries. Based on the acquired understanding of the different types of brittle fracture and ductile failure of materials, they are enabled to choose appropriate fracture models and to implement them in a finite element environment. They gain sufficient knowledge about the theoretical background of the different types of fracture models, to study the relevant literature independently. On an engineering level, the students are able to discriminate between situations, where cracks in a structure or component can be tolerated or under which conditions cracks are not admissible, respectively.					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Subject aims					
Phenomenology of fracture/Fracture on the atomic scale					
Concepts of linear elastic fracture mechanics					
Concepts of elastic-plastic fracture mechanics					
R curve behavior of materials					
Concepts of cohesive zones (CZ), extended finite elements (XFEM) and damage mechanics					
Finite element based fracture simulations for static and dynamic cracks					
Application to brittle fracture & ductile failure for different geometries and loadingsituations					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'Computational Fracture Mechanics' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
• alternativ mündliche Prüfung (30 Minuten) (Anteil an der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur oder mündliche Prüfung					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
MSc. Maschinenbau					

MSc. Materials Science and Simulation

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Computeranwendungen in der Prozessentwicklung</b>					
Computer Applications in Process Development					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	27
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Computeranwendungen in der Prozessentwicklung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann					
a) Dr.-Ing. Anna Grevé					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>sind die Studierenden mit modernsten Methoden und Verfahren sowie den vertieften ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen im Bereich der Prozesssimulation vertraut.</li> <li>sind die Studierenden in der Lage Ergebnisse der Prozesssimulation zu prüfen.</li> <li>transferieren die Studierenden Erkenntnisse/Fertigkeiten aus den vorgestellten Prozessen auf konkrete und neue Problemstellungen in der Prozesssimulation.</li> <li>implementieren die Studierenden komplexe Problemstellungen in Prozesssimulationstools und sind in der Lage eigene Lösungsansätze zu entwickeln und zu generieren.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Auslegung und Optimierung von industriellen Prozessen wird heute zunehmend durch Prozesssimulationsprogramme wie z.B. Aspen Plus durchgeführt. Im Vergleich zur klassischen Optimierung an Versuchsanlagen können dabei erheblich Zeit und Kosten eingespart werden. Für die Abbildung der Prozesse müssen zunächst thermodynamische Kenngrößen in die Tools implementiert werden. Dabei muss immer eine Verifizierung zu experimentellen Daten erfolgen. Erst im Anschluss können Gesamtprozesse mit allen Produkt- und Energieströmen in derartigen Programmen sinnvoll abgebildet werden und zur Optimierung der Prozesse genutzt werden.					
Das Seminar erläutert zunächst die theoretischen Grundlagen von Trennprozessen und greift anschließend die Modellierung thermodynamischen Größen mit vorhandenen Gleichungssystemen auf. Es werden einfache Trennprozesse in Aspen Plus abgebildet und dabei Sensitivitätsanalysen zur Beurteilung der Einflussgrößen eingesetzt. In Gruppenarbeit werden anschließend die Studierenden an die Nutzung des Simulationstools Aspen Plus herangeführt und müssen dabei aktuelle industrielle Prozesse der Verfahrenstechnik analysieren und optimieren.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Blockseminar / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Studienbegleitende Aufgaben 'Computeranwendungen in der Prozessentwicklung' (0 Std., Anteil der Modulnote 100 %)					

- Umsetzung und Lösung einer spezifischen Aufgabe in Aspen Plus abschließende Präsentation der Ergebnisse schriftliche Zusammenfassung

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene studienbegleitende Aufgaben: Programmieraufgabe, Präsentation mit Ausarbeitung
- Präsenz (aktive Teilnahme und Anwesenheit in der ersten Woche der Blockveranstaltung und am Abschlusstag)

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Computersimulation von Fluidströmungen</b>					
Computer Simulation of Fluid Flow					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Computersimulation von Fluidströmungen			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Francesca di Mare					
a) Dr.-Ing. David Engelmann					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: fundierte Kenntnisse der: Mathematik, insbesondere Differentialrechnung (partielle Ableitungen, Taylorreihen-Entwicklung), Integralrechnung, mathematische Operanden; Mechanik, insbesondere Begrifflichkeiten wie Impuls, Kraft und Masse, Newton'sche Gesetze; Thermodynamik, insbesondere Begrifflichkeiten wie Energie, Enthalpie und Entropie, Erster und zweiter Hauptsatz; Grundlagen der Strömungsmechanik, insbesondere laminare und turbulente Strömungen, Funktionsweise von Strömungsmaschinen bzw. Fluidenergiemaschinen					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls beherrschen die Studierenden die theoretischen Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik für inkompressible Medien.					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, mit Hilfe der Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie, Lösungen für strömungsmechanische Fragestellungen zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können die Erhaltungsgleichungen klassifizieren, diskretisieren, iterativ lösen und erkennen geeignete Randbedingungen oder Vereinfachungen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise von numerischen Strömungslösern zu analysieren und kritisch zu hinterfragen.</li> <li>Die Studierenden können numerische Ergebnisse visualisieren, analysieren und anhand von Qualitätskriterien beurteilen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einführung in die CFD</li> <li>Vergleich von Numerik und Experiment</li> <li>Historisches zur numerischen Strömungsmechanik</li> <li>Weg von der strömungsmechanischen Problemstellung zur numerischen Lösung</li> <li>Vorstellung der Erhaltungsgleichungen (Masse, Impuls, Energie)</li> <li>Vereinfachungen und Klassifizierung der Erhaltungsgleichungen</li> <li>Diskretisierung mittels Finite-Differenzen- und Finite-Volumen-Verfahren in Raum und Zeit (inkl. Stabilitätsanalyse und -kennzahlen, Druckkorrekturverfahren und Randbedingungen) für inkompressible Fluide</li> <li>Gittergenerierung (Netzstruktur und Elementtypen)</li> <li>Iterationsprozess mit Fokus auf Genauigkeit und Abbruchkriterien</li> <li>Aufbau von Strömungslösern</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Computersimulation von Fluidströmungen' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Dampfturbinen für heutige und künftige Energiesysteme**

Steam Turbines for Present and Future Energy Systems

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Dampfturbinen für heutige und künftige Energiesysteme			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Francesca di Mare					
a) Prof. Dr.-Ing. Th. Thiemann					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Fundierte Kenntnisse der Grundlagen der Fluidenergiemaschinen, Thermodynamik und der Grundlagen der Strömungsmechanik					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls beherrschen die Studierenden die mathematischen Werkzeuge, um die Auslegung von Dampfturbinen (Bauart, Thermodynamik, Abmessungen, Anzahl der Stufen, Anzahl der Schaufeln, Beschaufelungstypologie, Hilfssysteme) nach den Anforderungen industrieller Anwendungen (Leistung, Abmessungen, Arbeitsmedium, Betriebsweise) vorzunehmen sowie Vorgaben für die Betriebsweise zu bestimmen.					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden verstehen das Einsatzspektrum von Dampfturbinen und exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung.</li> <li>Die Studierenden können physikalische Annahme treffen, um komplexen mathematischen Modelle zu vereinfachen.</li> <li>Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften/des Maschinenbaus und können Anwendungsbeispiele auch auf künftige Energiesysteme transferieren.</li> <li>Die Studierenden können dimensionslose Parameter ableiten, die das Betriebsverhalten einer Turbomaschine synthetisieren.</li> <li>Die Studierenden haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage, industriell etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und einzusetzen.</li> <li>Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken und können diese Kompetenz auf Anwendungen an der industriellen Praxis verifizieren.</li> <li>Die Studierenden haben sich vertieft, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erarbeitet und können diese situativ einsetzen.</li> <li>Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatzspektrum von Dampfturbinen einschließlich deren Bedeutung in künftigen Energiesystemen</li> <li>Thermodynamik des Wasser-Dampf-Kreislaufes</li> <li>Arbeitsverfahren und Bauarten</li> </ul>					

- Aerodynamische und mechanische Auslegung der Hoch- und Mitteldruckbeschaufelung sowie der Niederdruckbeschaufelung
- mechanische Auslegung und konstruktive Ausführung der Turbinenläufer und Gehäuse
- Betriebsverhalten / Leistungsregelung
- Systemtechnik
- Werkstofftechnik.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

• Klausur 'Dampfturbinen für heutige und künftige Energiesysteme' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Ab einer Teilnehmerzahl <= 5 Teilnehmer\*innen kann die Prüfung mündlich durchgeführt werden.)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling

Data Science in Engineering: Theory, Practice, and Storytelling

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	24
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling			a) 3 SWS (45 h)	a) 105 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Jens Pöppelbuß a) Dr.-Ing. Sebastian Knop					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Keine Teilnahmevoraussetzungen. Die Lehrveranstaltung ist jedoch auf 24 Teilnehmende beschränkt. Die Anmeldemodalitäten werden vor Semesterbeginn bekannt gegeben					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Das übergeordnete Lernziel des Moduls ist es, Studierende mit den Techniken aus dem Bereich Data Science vertraut zu machen und sie zu befähigen, diese Techniken im Ingenieurwesen anwenden zu können. Dabei sollen Studierende Fähigkeiten					
<ul style="list-style-type: none"> <li>zur eigenständigen Identifikation relevanter ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen,</li> <li>zur selbstständigen und wissenschaftlich fundierten Bearbeitung realer ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen und</li> <li>zum datenanalytischen „Storytelling“ der durch die Datenanalyse gewonnenen Erkenntnisse erlangen.</li> </ul>					
Hierfür sollen die Studierenden,					
<ul style="list-style-type: none"> <li>die Anwendung grundlegender statistischer Verfahren (bspw. Korrelationsanalyse) durchführen,</li> <li>Data-Science-Kompetenzen (bspw. Predictive Maintenance) entwickeln und</li> </ul>					
eigenständig eine reale Fragestellung bearbeiten können.					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Durch den Wandel zur Industrie 4.0 entsteht im Maschinenbau vermehrt die Notwendigkeit, Data-Science-Techniken anwenden zu können, bspw. bei der Vorhersage von Maschinenausfällen (Predictive Maintenance). Das Modul soll Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Fachrichtungen praxisorientiert Kompetenzen im Bereich der statistischen Datenanalyse vermitteln, um ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen mithilfe neuer Verfahren aus dem Bereich Data Science fundiert untersuchen zu können. Dabei soll das Modul drei Aspekte verbinden: Statistische Theorie, praktisches Einüben von Data-Science-Techniken und die eigenständige Bearbeitung einer realen Fragestellung durch die Studierenden.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Mündlich 'Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Abschlusspräsentation, bei der die Lösung einer realen Fragestellung mithilfe von					

Data-Science-Techniken nachvollziehbar vorgestellt wird (Gruppenleistung, Vortragsdauer 30 Minuten mit anschließender Diskussion, Diskussionsdauer 15 Minuten, Workload je Gruppenmitglied 15 Stunden))

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Abschlusspräsentation

**Verwendung des Moduls**

MINT Modul (Master-Studiengang Maschinenbau und Sales Engineering and Product Management)

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Demand and Supply in Energy Markets

Demand and Supply in Energy Markets

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Demand and Supply in Energy Markets			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch

a) Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Grundkenntnisse der Energiewirtschaft, wie sie beispielsweise im Rahmen des B.Sc.-Moduls Energiewirtschaft behandelt werden. Weiterhin sind solide Vorkenntnisse in Kosten- und Investitionsrechnung von Vorteil. Für die Teilnahme an den Übungen ist ein (mobiler) Rechner mit Tabellenkalkulationsprogramm (z.B. Excel) von Vorteil.

### Lernziele/Kompetenzen

After successful completion of this module the students are able to

- name different types of energy markets and explain their purpose and functionality.
- name the main technological, socio-economic and political drivers of energy demand and explain how they each change energy demand over time or between energy carriers.
- assess how the expansion of renewable energy sources, energy efficiency and energy systems integration across sectors and scales impact energy demand and supply within and across energy carriers.
- apply the concepts learnt to complex case studies, analyse and interpret the corresponding results and draw conclusions for the transformation of the energy system.
- work independently in project groups and present results of their group work in an understandable way.

Moreover, the students will have

- developed the ability to think in a networked and critical way and are able to select and apply established methods and procedures,
- acquired in-depth and interdisciplinary methodological competence and are able to apply it in a situationally appropriate manner.

The students practice scientific learning and thinking and can

- develop complex problems in technical systems in a structured way and solve them in an interdisciplinary way using suitable methods,
- transfer knowledge/skills to concrete systems engineering problems.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls, sind die Studierenden in der Lage,

- verschiedene Arten von Energiemärkten für verschiedene Energieträger zu benennen sowie deren Zweck und Funktionalität zu erklären.

- die wichtigsten technologischen, sozioökonomischen und politischen Einflussfaktoren auf die Energienachfrage zu benennen und zu erläutern, wie diese jeweils den Energiebedarf über die Zeit oder zwischen Energieträgern verändern.
- zu beurteilen, wie sich der Ausbau erneuerbarer Energien, Energieeffizienz sowie eine sektoren- und skalenübergreifende Energiesystemintegration auf Energienachfrage und -angebot innerhalb und zwischen Energieträgern auswirken.
- die erlernten Konzepte auf komplexe Fallstudien anzuwenden, die resultierenden Ergebnisse zu analysieren und interpretieren und Schlussfolgerungen für die Transformation des Energiesystems abzuleiten.
- in Projektgruppen zu arbeiten und die Ergebnisse ihrer Gruppenarbeit in verständlicher Weise zu präsentieren.

Die Studierenden haben

- die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden,
- vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.

Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken und können

- sich komplexe Problemstellungen in technischen Systemen strukturiert erschließen und fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen,
- Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete systemtechnische Problemstellungen übertragen.

## Inhalte

a)

- Basics of economics
- Fundamentals of energy markets
- Energy demand:
  - Energy demand by sector and energy carriers at global and regional level
  - Bottom-up analysis of energy demand
  - Top-down analysis of energy demand
- Energy supply:
  - Investment appraisal
  - Investing in supply expansion
- Group work on complex case studies focussing on how policy, regulation and markets affect energy demand (between sectors, over time) and supply

During the lecture and exercise, students work in project groups on concrete case studies, prepare a written paper and present their results at the end of the term.

- Ökonomische Grundlagen
- Eigenschaften von Energiemarkten
- Energienachfrage:
  - Energienachfrage nach Sektoren und Energieträgern auf globaler und regionaler Ebene
  - Bottom-up Analyse der Energienachfrage
  - Top-down Analyse der Energienachfrage

<p>- Energieangebot:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Investitionsrechnung</li><li>• Investitionen in Erzeugungstechnologien</li></ul> <p>- Gruppenarbeit zu komplexen Fallstudien mit Fokus auf Interdependenzen zwischen Märkten, Politik sowie Regulierung und der Energienachfrage- und Angebotsseite</p> <p>Im Rahmen der Vorlesung und Übung arbeiten Studierende in Gruppen an konkreten Fallstudien, erstellen eine schriftliche Ausarbeitung und präsentieren ihre Arbeitsergebnisse am Ende des Semesters.</p>
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p> <p>a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Englisch / Deutsch</p>
<p><b>Prüfungsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Klausur 'Demand and Supply in Energy Markets' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Präsenz oder Online)</li><li>• Studienbegleitende Aufgaben: Gruppenarbeit (40 Stunden, Abgabefristen werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben) (Sofern die Gruppenarbeit vor der Modulabschlussprüfung absolviert wird, sind optional Bonuspunkte für die Klausur möglich)</li></ul>
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur</li><li>• Bestandene studienbegleitende Aufgaben: Gruppenarbeit</li></ul>
<p><b>Verwendung des Moduls</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• MSc. Maschinenbau</li><li>• MSc. Sales Engineering and Product Management</li><li>• MSc. Umweltingenieurwesen</li></ul>
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV</p> <p>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).</p> <p>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.</p>
<p><b>Sonstige Informationen</b></p>

**Digitalisierung in Entwicklung und Produktion am Beispiel von Lernfabriken**

Digitization in Development and Production

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße		
	5 LP	150 h	8. Sem.	Semester	5		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>		
a) Digitalisierung in Entwicklung und Produktion am Beispiel von Lernfabriken		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes SoSe		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>							
Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter							
a) Dr.-Ing. Christopher Prinz							
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>							
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>							
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die Phasen des Produktlebenszyklus</li> <li>• erlernen Studierende verschiedene Methoden, um Produktionsumgebungen zu analysieren und Optimierungspotentiale aufzudecken</li> <li>• kennen Studierende die Grundlagen zum Thema Shopfloor Management und zur Mensch-Maschine Interaktion</li> <li>• können Studierende Assistenzsysteme in der Produktion bewerten und in Teams gemeinsam neue, optimierte Systeme gestalten</li> <li>• können Studierende Zusammenhänge in der Produktion durch erlernte Methoden beschreiben, analysieren und Abläufe modifizieren</li> </ul>							
<b>Inhalte</b>							
a)							
Das Tutorium findet als übergreifendes Kursangebot in drei unterschiedlichen Lernfabriken statt. Jede der Lernfabriken fokussiert sich dabei auf einen anderen Zeitpunkt des Produktlebenszyklus. Die ESB Business School der Hochschule Reutlingen beschäftigt sich vor allem mit den Bereichen Logistik und Materialmanagement, das PTW der TU Darmstadt setzt den Schwerpunkt in der Produktionsplanung und Fertigung und die LPS Lern- und Forschungsfabrik der Ruhr-Universität Bochum konzentriert sich unter anderem auf die Montage und das Thema Assistenzsysteme. Die Studierenden lernen so Methoden, Technologien und Instrumente zur Digitalisierung der Entwicklung und Produktion kennen. In jeder Lernfabrik werden ca. 3 Tage absolviert. Dabei wird zwischen Theorie- und Praxisteilen gewechselt. In Übungen in den Lernfabriken werden die Studierenden das gelernte Wissen in Lehr-Lern-Arrangement, bestehend aus Problem- und Aufgabenstellung, anwenden.							
<b>Lehrformen / Sprache</b>							
a) Blockseminar / Exkursion / Deutsch							
<b>Prüfungsformen</b>							
• Klausur 'Digitalisierung in Entwicklung und Produktion am Beispiel von Lernfabriken' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)							
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur</li> <li>• Präsenz bei allen Veranstaltungen</li> </ul>							

<b>Verwendung des Moduls</b>
keine Angabe
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
<b>Sonstige Informationen</b>

## Dynamic Structures and Active Control

Dynamic Structures and Active Control

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Dynamic Structures and Active Control			a) 3 SWS (45 h)	a) 105 h	a) jedes SoSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. Tamara Nestorovic

a) Prof. Dr. Tamara Nestorovic

### Teilnahmevoraussetzungen

Basic knowledge of control systems is of advantage

### Lernziele/Kompetenzen

The students acquire an overall competence in fundamental methods of active structural control. After successfully completing the course, the students are able to recognize the problems in practice and to apply the acquired knowledge in solving engineering problems in the field active control of mechanical structures, with the focus on active vibration control. In particular, the students:

- have basic knowledge in behavior and modeling of piezoelectric materials for applications in smart structures and active systems
- have knowledge in model development of mechanical structures for the control system design (linear time invariant systems in the state-space and transfer function form)
- are able to perform the model-based system analysis in time and frequency domain
- are able to design basic control structures with compensator and feedback gain systems
- are able to independently simulate control systems (PID and pole placement controller)
- have knowledge in discrete-time control systems
- are able to use Matlab/Simulink software and toolboxes for the control system analysis, design and simulation

### Inhalte

a)

The course presents an overall insight in the modeling and control of active structures and systems. Basic terms and definitions are introduced along with presentation of the potential application fields. For the purpose of the controller design for active structural control, the basics of the control theory are introduced: development of linear time invariant models, representation of linear differential equations systems in the state-space form, controllability, observability and stability conditions of control systems. The parallel description of the modeling methods in structural mechanics enables the students to understand the application of control approaches. For actuation/sensing purposes multifunctional active materials (piezo ceramics) are introduced as well as the basics of the numerical model development for structures with active materials. Control methods include time-continuous and discrete-time controllers in the state-space for multiple-input multiple-output systems, as well as methods of the classical control theory for single-input single output systems. Differences and analogies between continuous and discrete time control systems are specified and highlighted on the basis of a pole placement method. Closed-loop controller design for active structures is explained. Different application examples and problem solutions will show the feasibility

and importance of the active structural systems development. The students also get insight into basics of active structural health monitoring. Within this course the students learn computer aided controller design and simulation using Matlab/Simulink software. Students will implement the acquired knowledge in the framework of a seminar paper related to the controller design supported by Matlab Software.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Englisch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Dynamic Structures and Active Control' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Homework – Seminar paper based on the computer exercises; deadlines will be announced at the beginning of the semester

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Passed final module examination and passed Seminar paper

**Verwendung des Moduls**

MSc Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Lectures with exercises, computer exercises and tutorials (3h / week) / English

**Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung**

Thin Films &amp; High Throughput Methods in Materials Science

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

a) Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Es werden keine formalen Teilnahmevoraussetzungen gemacht. Die Vorlesung baut aber auf Grundlagenvorlesungen im Bereich Werkstoffe und Microengineering auf.

**Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden können zwischen den unterschiedlichen Herstellungsverfahren dünner Schichten unterscheiden und verstehen die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methoden.
- Sie können Beschichtungsprozesse für Anwendungsfälle entwerfen.
- Die Studierenden verstehen die Konzepte der kombinatorischen Materialforschung und von Hochdurchsatz-Experimenten.
- Sie können Materialbibliotheken und Hochdurchsatzexperimente für ein gegebenes Problem entwickeln.
- Die Studierenden können entscheiden, welche Hochdurchsatz-Charakterisierungsverfahren sinnvoll eingesetzt werden können.
- Sie können Möglichkeiten der Digitalisierung in der Materialforschung, u.a. im Hinblick auf automatisierte Experimente, beurteilen.
- Im Rahmen der Übungen praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken und übertragen die Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen.

**Inhalte**

a)

Das Modul „Dünne Schichten & Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung“ vermittelt vertiefte Kenntnisse über die Herstellung und die Anwendung von dünnen Schichten in Materialforschung und der Ingenieurtechnik und über den Einsatz von Hochdurchsatzmethoden in der (kombinatorischen) Materialforschung.

- Anwendungen dünner Schichten
- Überblick zu verschiedenen Herstellungstechniken von dünnen Schichten (PVD, CVD, ...)
- Einfluss der Herstellungs- und Prozessierungsparameter auf die Eigenschaften der Schichten.
- Charakterisierungsmethoden für dünne Schichten
- Kombinatorische Materialentwicklung mit Hilfe dünner Schichten
- Experimentelle Hochdurchsatzverfahren
- Herstellung und Charakterisierung von Dünnschicht-Materialbibliotheken
- Materialinformatik (Forschungsdatenmanagement, machine learning, data mining)

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Datenvisualisierung in Form von Zusammensetzungs-Prozessierung-Struktur- Funktions-Diagrammen</li></ul> |
|---|

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Einführung in die Rheologie**

Introduction to Rheology

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Einführung in die Rheologie			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann

a) Dr.-Ing. Vincent Bürk

**Teilnahmevoraussetzungen****Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- kennen die Studierenden die Grundlagen der Rheologie, die Grundtypen des Fließverhaltens und die damit verbundenen physikalischen Größen.
- beherrschen die Studierenden die Theorie über das Fließverhalten verschiedener Stoffe und kennen die technischen Schwierigkeiten beim Umgang mit nicht-wasserähnlichen Flüssigkeiten.
- sind die Studierenden mit den Mess- und Analysemethoden der Rheologie vertraut und in der Lage, etablierte Methoden und Verfahren beim Umgang mit anspruchsvollen Problemstellungen sicher auszuwählen, anzuwenden und die resultierenden Messergebnisse zu analysieren.
- lösen Studierende komplexe Strömungsprobleme in physikalischen Systemen mit geeigneten mathematischen Methoden.

**Inhalte**

a)

Bei der Betrachtung von Flüssigkeiten wird in vielen Fällen ein sehr vereinfachtes Fließverhalten zugrunde gelegt. Für eine Auslegung vieler Anwendungen und Prozesse ist dies jedoch nicht ausreichend.

In der Vorlesung Rheologie werden die verschiedenen Arten des Fließverhaltens erlernt und Analysekompetenzen erworben. Nach einer Einführung in die Rheologie wird dabei insbesondere auf nicht-Newtonische Flüssigkeiten eingegangen. Es werden Methoden der Viskosimetrie und Rheometrie sowie übliche Anwendungsgebiete vorgestellt. Anhand verschiedener praktischer Beispiele werden die Inhalte der Vorlesung veranschaulicht, angewendet, weiterentwickelt und überprüft.

Im Rahmen eines Praxistages im Labor werden die Studierenden wissenschaftliche Methoden im Umgang mit komplexen Problemstellungen praktizieren und Erlerntes in einem Versuch zur Viskosimetrie anwenden.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Einführung in die Rheologie' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- PowerPoint und Tafelvortrag

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

<b>Verwendung des Moduls</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• MSc. Maschinenbau</li><li>• MSc. Sales Engineering and Product Management</li></ul>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
<b>Sonstige Informationen</b>

**Elektrifizierte Fahrzeugantriebe**

Electrified Drivetrains

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Elektrifizierte Fahrzeugantriebe			a) 4 SWS (60 h)	a) 120 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Peter Tenberge

a) Dr.-Ing. A. Docter

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Die Vorlesung stützt sich auf die Grundlagenvorlesungen zur Mathematik, Mechanik, Elektrotechnik und Konstruktionstechnik. Die Entwicklung von Fahrzeugantrieben benötigt numerische Lösungsverfahren mathematischer Gleichungssysteme, die Analyse der Fahrzeugdynamik sowie das Verständnis elektrischer Maschinen und Stromspeichern.

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- sind die Studierenden in der Lage, eine grundhafte Auslegung der Komponenten einer elektrischen Antriebseinheit anhand eines gegebenen Lastenkatalogs für eine Fahrzeuganwendung zu entwickeln.
- können die Studierenden das dynamische Verhalten von elektrifizierten Antriebssträngen abschätzen.
- können die Studierenden die Kennfelder der Wandlungswirkungsgrade von Batterien, Leistungselektronik und elektrischen Maschinen und ihre Parameterabhängigkeiten bewerten und können Betriebsstrategien entwerfen.
- können die Studierenden die Anforderungen an den Antriebsstrang hinsichtlich der sensiblen Geräuschsituation in einem Elektrofahrzeug bewerten.

**Inhalte**

a)

Die Vorlesung behandelt die Komponenten des Antriebsstrangs von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen und deren Zusammenwirken im elektrischen Antriebssystem sowie die Anforderungen an die Lade-Infrastruktur. Zu Beginn werden die grundlegenden Funktionsweisen, die für Elektrofahrzeuge verwendeten elektrischen Maschinen, aufbauend auf der "Elektrotechnik" wiederholt. Dabei wird der Bezug zum Stand der Technik hergestellt und auf die besonderen Anforderungen für den Fahrzeugantrieb (insbesondere Baugröße und Dynamik) eingegangen. Weiter werden die verschiedenen Energiespeichersysteme für Elektroantriebe grundlegend diskutiert und auf Basis des aktuellen Kenntnisstandes Prognosen für die zukünftige Speicherentwicklung gestellt. Über die Leistungsdichte von Batterien wird die Verbindung zu aktuellen und zukünftigen Ladesystemen hergestellt, die eine praxisgerechte Alternative zum konventionellen Tanken darstellen müssen. Auch hier werden die grundlegenden Eigenschaften und Funktionsweisen der verschiedenen Systeme erläutert. Im Folgenden richtet die Vorlesung den Blick auf die veränderten Anforderungen an das Bordnetz durch die Hochvolttechnologie zum Betrieb des Elektromotors und gibt ebenso einen Einblick in die erforderliche Steuerungstechnik, wobei sowohl eine hardware- als auch softwareseitige Betrachtung

stattfindet. Weiter werden die veränderten Anforderungen an die Nebenaggregate wie Servolenkung, Wasserpumpen und Klimakompressor besprochen und auf die möglichen Betriebsstrategien durch ihren entkoppelten elektrischen Antrieb eingegangen. Abschließend diskutiert die Vorlesung die gesetzlichen Rahmenbedingungen für eine zukünftig flächendeckende Ausbreitung der Elektromobilität, auch im Hinblick auf die Infrastrukturanforderungen.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Elektrifizierte Fahrzeugantriebe' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Embedded Systems

Embedded Systems

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Embedded Systems			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann

a) Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Eine erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Grundlagen der Regelungstechnik und Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik des Bachelor-Studiengangs wird empfohlen.

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- sind die Studierenden in der Lage, verschiedene Typen von Hardware hinsichtlich eingebetteter Systeme zu klassifizieren und die Komplexität unterschiedlicher steuerungs- und Regelungstechnischer Aufgaben zu beurteilen, sowie Entscheidungshilfen für die Wahl eingebetteter Systeme zu ermitteln.
- können die Studierenden eingebettete Systeme entwerfen und Validierungstechniken auswählen und nutzen.
- verfügen die Studierenden über die Fähigkeit, Schnittstellen, Protokolle zur Umsetzung von Echtzeitanforderungen zu entwerfen.
- können die Studierenden die Methoden für zeitdiskrete Systeme zur Modellierung und Programmierung von eingebetteten Systemen auswählen, anwenden und miteinander kombinieren.
- verfügen die Studierenden über die Fähigkeit zu vernetztem und wissenschaftlichem Denken, so dass sie dieses auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen und kompetent hierzu (auch in englischer Sprache) kommunizieren können.
- Sind die Studierenden in der Lage, sich selbst in ihrem Lernprozess zu organisieren, digitale Medien für ihr Studium zu nutzen und sich mit Arbeitsgruppen (auch digital) zu vernetzen.

### Inhalte

a)

- Überblick über kommerziell verfügbare Hardware zur Umsetzung von Einbaurechnern und Darstellung des Mangels an Standardisierung im Bereich Embedded Systems
- Klassifizierung verschiedener Typen von Hardware wie Mikrocontroller oder programmierbare logische Schaltungen, hinsichtlich ihrer rechnerischen Leistungsfähigkeit, ihrer elektrischen Leistungsaufnahme, ihrer Baugröße, ihrer Verlässlichkeit und ihres Preises
- Methoden zur Komplexität unterschiedlicher steuerungs- und Regelungstechnischer Aufgaben und Ableitung von Entscheidungshilfen für die Wahl geeigneter eingebetteter Systeme
- Entwurfsansätze und -werkzeuge im Kontext zu Validierungstechniken
- Schnittstellen, Protokolle und Echtzeitanforderungen

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Methoden und Werkzeuge für zeitdiskrete Systeme zur Modellierung und Programmierung von eingebetteten Systemen</li><li>• Grundwissen zu Hardware-Beschreibungssprachen</li></ul> |
|--|

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Klausur 'Embedded Systems' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li></ul> |
|---|

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• MSc. Maschinenbau</li><li>• MSc. Sales Engineering and Product Management</li></ul> |
|---|

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Energieaufwendungen und Ökobilanzierung**

Energy Consumption and Life Cycle Assessment

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Energieaufwendungen und Ökobilanzierung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch

a) Dr.-Ing. Julian Röder

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden können die Methoden zur Bilanzierung kumulierter Energieaufwendungen und der Ökobilanzierung anwenden.
- Sie verfügen über grundlegende Kenntnisse der Entstehungsmechanismen von energiebedingten Luftschadstoffen und Klimagassen. Sie können die Methoden und Verfahren der Ökobilanzierung einschätzen und anwenden.
- Sie können das entsprechende Fachvokabular interpretieren.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- lösen Studierende komplexe ökobilanzielle Problemstellungen physikalischer Systeme fachübergreifend mit geeigneten Methoden,
- nutzen Studierende vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenzen
- differenzieren Studierende die erlangten Erkenntnisse und übertragen diese auf konkrete und neue Problemstellungen,
- validieren Studierende die komplex modellierten Systeme sowie die damit bearbeiteten Fragestellungen und überführen sie in eigene Ansätze,
- wählen Studierende durch die Fähigkeit zum vernetzten und kritischen Denken die behandelten etablierten Methoden und Verfahren aus und kombinieren diese situativ in Abhängigkeit des Untersuchungssystems und der Fragestellung

**Inhalte**

a)

- Einführung in die durch die Energieumwandlung bedingten Emissionen und ihre Minderungsmöglichkeiten sowie Grundlagen der Ökobilanzierung
- Stoffstromanalyse, Prozesskettenanalyse, Lebenszyklusanalyse
- Kumulierter Energieaufwand und kumulierte Emissionen
- Entstehung von Luftschadstoffen und Klimagassen
- Ausbreitung von Luftschadstoffen
- Gesundheitliche Auswirkungen, Umweltauswirkungen
- Grenzwerte
- Methodisches Vorgehen der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment)
- Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren

- |   |
|---|
| • weitere ökologische Bewertungsverfahren |
|---|

<b>Lehrformen / Sprache</b>
-----------------------------

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch
--

<b>Prüfungsformen</b>
-----------------------

- |   |
|---|
| • Klausur 'Energieaufwendungen und Ökobilanzierung' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Bei einer Teilnehmerzahl <= 10 Teilnehmer*innen kann die Prüfung auch mündlich durchgeführt werden) |
|---|

<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>
--

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
---

<b>Verwendung des Moduls</b>
------------------------------

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• MSc. Maschinenbau</li><li>• MSc. Sales Engineering and Product Management</li><li>• BSc. Umweltingenieurwesen</li></ul> |
|---|

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
--

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
---

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

**Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase**

Energy Gases: Methane, Biogas, Hydrogen, Synthesis Gases

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9 Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase		a) 3 SWS (45 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. V. Scherer

a) Prof. Dr.-Ing. V. Scherer

**Teilnahmevoraussetzungen**

Grundlegende Ingenieurkenntnis auf dem Gebiet der Strömungsmechanik und Festigkeitslehre

Basiskenntnisse Chemie und Operational Research Mathematische Kenntnisse in Analysis (Mathematik I u. II) und zu Differentialgleichungen Keine Teilnahmebeschränkungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlegende Ingenieurkenntnis auf dem Gebiet der Strömungsmechanik und Festigkeitslehre Basiskenntnisse Chemie und Operational Research Mathematische Kenntnisse in Analysis (Mathematik I u. II) und zu Differentialgleichungen Keine Teilnahmebeschränkungen

**Lernziele/Kompetenzen**

Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts:

- vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen,
- exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung,
- modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften und kennen Anwendungsbeispiele.

Ferner können die Studierenden

- komplexe mathematische Problemstellungen in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen,
- Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.

Die Studierenden haben

- die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage, etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden,
- vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.

Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen Studierende:

- die Grundlagen einer nationalen Energieversorgung und die wesentlichen Charakteristika der dazugehörigen Infrastruktur
- die mit der Energiewende und nationalen/internationalen Klimaprogrammen (Green Deal) einhergehenden Herausforderungen
- technische Lösungsalternativen einer nachhaltigen Energieversorgung

Ferner verstehen die Studierende:

- die Werkzeuge, um selbstständig Abschätzungen und exakte Berechnungen durchführen zu können zu Infrastruktur-Investitionen und Dekarbonisierungs-Kosten
- das Zusammenwirken der verschiedenen Sektoren in einem sektorgekoppelten Energiesystem (Strom-Gas-Wärme)
- die Interaktion zwischen Wasserstoff- und Erdgasindustrie

#### Inhalte

a)

Die Vorlesung „Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase. Von den Versorgungsgrundlagen der klassischen Gaswirtschaft bis zu den H2-Innovationen zum Erreichen der Pariser Klimaziele und der Resilienz-Anforderungen des Green Deals“ vermittelt einen vertieften Einblick in die aktuelle Gaswirtschaft und ihre Veränderung. Nach einem Überblick über die verfügbaren Erdgasarten – inklusive Biogas, Biomethan und Wasserstoff - und ihre Eigenschaften werden die Vor- und Nachteile im Vergleich zu anderen Energieträgern besprochen. Dabei werden die juristischen Aspekte des Energiehandels ebenfalls mit einbezogen. Aufbauend auf dieser Thematik wird das deutsche bzw. europäische Versorgungsnetz erläutert und die wichtigsten Merkmale des Erdgasimports am Beispiel von führenden Energieversorgungsunternehmen vorgestellt. Einen weiteren wichtigen Aspekt bildet die Verlegung von Rohrleitungssystemen, die Physik des Gastransports, Sicherheit beim Bau und während des Betriebs (Integrität), die Messungen der Gasbeschafftheit und von Energieinhalten. Es werden diverse Beispiele der Gasanwendung und der Integration Erneuerbarer Energie erläutert. Dabei kommt dem Erdgassystem (Leitungen) und Untertagetechnik die Rolle des Speichers zu. Ein weiterer wesentlicher Fokus liegt in der Analyse unterschiedlicher Dekarbonisierungs-Strategien. Es wird ein Vergleich der Klimarelevanz des Einsatzes energetischer Gase wie Erdgas, Biogas, grünen/blauen Wasserstoff oder Synthesegas in allen drei Sektoren (Strom, Wärme, Mobilität) durchgeführt und in Relation zu strombasierenden Lösungen gesetzt. Dabei wird auf Fragen einer nachhaltigen Energieversorgung unter gesamtsystemischen Aspekten der Strom-Gas-Kopplung, d.h. u.a. Sektorenkopplung und Power-to-Gas-Markthochlauf eingegangen. Die erläuterten Zusammenhänge werden abschließend anhand von Exkursionen zu einer Erdgas Verdichterstation und zur „Dispatchingzentrale“ der Open Grid Europe verdeutlicht.

#### Lehrformen / Sprache

a) Vorlesung (3 SWS) / Exkursion / Deutsch

#### Prüfungsformen

- Klausur 'Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

#### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

#### Verwendung des Moduls

keine Angabe

#### Stellenwert der Note für die Endnote

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### Sonstige Informationen

Die beiden Exkursionen sind Pflichtveranstaltungen (15h Kontaktzeit)

**Energiespeichertechnologien und -anwendung**

Energy Storage Technologies and Applications

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Energiespeichertechnologien und -anwendung		a) 90 h		a) jedes WiSe	

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Christian Doetsch

a) Prof. Christian Doetsch

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- kennen Studierende die meistverwendeten sektoralen und cross-sektoralen Energiespeicher, ihre Vor- und Nachteile und Grenzen.
- verstehen Studierende warum spezielle Technologien in bestimmten Anwendungen eingesetzt werden und können diesen Einsatz qualitativ bewerten
- können Studierende das Wissen in der Form anwenden, dass sie selbstständig geeignete Technologien für verschiedenen Einsatzszenarien vorschlagen können, sie können Energiespeicher dimensionieren, wichtige Kenngrößen berechnen und die Anwendung quantitativ bewerten.

**Inhalte**

a)

Die Vorlesung vermittelt einen anwendungsorientierten Überblick über das gesamte Feld der Energiespeicherung. Aufbauend auf den Grundlagen der Speicherung und der Energiesysteme sowie der Rolle von Speichern in denselben, werden drei Technologiebereiche abgedeckt: Elektrische Speichersysteme (auf Basis mechanischer, elektrischer, elektrochemischer Speicherung/Wandlung, Thermische Speichersysteme und Chemische Speichersysteme. Darüber hinaus noch Märkte und Business Cases für Energiespeichersystemen in verschiedenen Anwendungen sowie die technooökonomische Situation dieser.

Im Detail werden folgende Themen adressiert: Grundlagen der Energiebereitstellung/Speicherung, Elektrische Speicher (Pumpspeicher, Druckluftspeicher, Supercaps, Supraleitende magnetische Spulen, Lithium-/Blei-Batterien, Flow-Batterien); thermische Speicher (sensible, latente etc.); chemische Speicher (Wasserstoff, Methan, andere Fluide); Märkte für Speicher und Bewertung verschiedener Anwendungen unter technooökonomischen Gesichtspunkten.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch / Englisch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Energiespeichertechnologien und -anwendung' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

<b>Verwendung des Moduls</b>
keine Angabe
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
<b>Sonstige Informationen</b>

## Energy Systems Analysis

Energy Systems Analysis

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Energy Systems Analysis			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch

a) Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Grundkenntnisse der Energiewirtschaft, wie sie beispielsweise im Rahmen des B.Sc.-Moduls Energiewirtschaft behandelt werden. Weiterhin sind solide Vorkenntnisse in Operations Research sowie Kosten- und Investitionsrechnung von Vorteil. Für die Teilnahme an den Übungen benötigen die Studierenden einen (mobilen) Rechner, auf dem sie ein Open-Source-Energiesystemmodell installieren können, das seitens des Lehrstuhls bereitgestellt wird.

### Lernziele/Kompetenzen

After successful completion of this module the students are able to

- name categories of energy systems models and explain the methodological concepts behind the different categories.
- explain and apply approaches for generating energy systems model input data in a structured way.
- apply selected methods and models to practical problems (e.g. unit commitment optimisation).
- interpret results from energy systems models and draw conclusions to support decision making.
- discuss strengths and weaknesses of the methods and models used and to discuss and derive potential for improvement.

Moreover, the students will have

- developed the ability to think in a networked and critical way and are able to select and apply established methods and procedures,
- acquired in-depth and interdisciplinary methodological competence and are able to apply it in a situationally appropriate manner.

The students practice scientific learning and thinking and can

- develop complex problems in technical systems in a structured way and solve them in an interdisciplinary way using suitable methods,
- transfer knowledge/skills to concrete systems engineering problems.

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls, sind die Studierenden in der Lage,

- Kategorien von Energiesystemmodellen zu benennen und die methodischen Konzepte hinter den verschiedenen Kategorien zu erklären.
- Ansätze zur strukturierten Bereitstellung von Input(daten) für Energiesystemmodelle zu benennen und anzuwenden.
- ausgewählte Methoden und Modelle auf praktische Probleme anzuwenden (z.B. Kraftwerkseinsatzoptimierung).

- Ergebnisse aus Energiesystemmodellen zu interpretieren und Schlussfolgerungen zu ziehen, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen.
- Stärken und Schwächen der eingesetzten Methoden und Modelle zu diskutieren und Verbesserungspotenziale zu diskutieren und abzuleiten.

Die Studierenden haben

- die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden,
- vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.

Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken und können

- sich komplexe Problemstellungen in technischen Systemen strukturiert erschließen und fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen,
- Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete systemtechnische Problemstellungen übertragen.

## Inhalte

a)

### Modelling and Simulation of Energy Systems

- Introduction and overview of energy systems analysis
- Fundamental optimisation models for power systems analysis
  - Optimal unit commitment (short-term planning)
  - Optimal capacity expansion (long-term planning)
- Scenario planning approaches
  - Introduction to scenario planning
  - Combination of scenario planning and power systems analysis
- Investment appraisal
- Selected case studies

### Decision Analysis and Assessment of Strategies

- Types of decision environments and models
- Structuring decision problems
  - Generating objectives and hierarchies
  - Generating and preselecting alternatives
- Preference elicitation
- Aggregation functions and sensitivity analysis
- Selected case studies

During the exercises, students work on concrete case studies using an open source energy systems model to be installed on their (mobile) computers, and practise preparing input data, processing model results and drawing conclusions.

### Modellierung und Simulation von Energiesystemen

- Einführung in die Energiesystemanalyse
- Fundamentale Optimierungsmodelle für Elektrizitätssysteme

- Kraftwerkseinsatzoptimierung (kurz- und mittelfristige Planung)
- Kraftwerksinvestitionsoptimierung (langfristige Planung)
- Ansätze der Szenarioplanung
  - Einführung in Szenarioplanung
  - Kombination von Szenarioplanungsansätzen und Energiesystemmodellierung
- Investitionsrechnung
- Ausgewählte Fallstudien

#### Entscheidungsanalyse und Bewertung alternativer Handlungsoptionen

- Arten von Entscheidungsproblemen und -modellen
- Problemstrukturierung
  - Ermittlung von Zielen und Hierarchien
  - Ermittlung und Vorselektion von Alternativen
- Präferenzermittlung
- Aggregationsfunktionen und Sensitivitätsanalysen
- Ausgewählte Fallstudien

Während der Übungen arbeiten die Studierenden an konkreten Fallstudien unter Verwendung eines Open-Source-Energiesystemmodells, das auf ihren (mobilen) Computern installiert werden soll, und trainieren das Aufbereiten von Eingabedaten und Modellergebnissen sowie das Ziehen von Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen.

#### Lehrformen / Sprache

- a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Englisch / Deutsch

#### Prüfungsformen

- Klausur 'Energy Systems Analysis' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Präsenz oder Online)
- Studienbegleitende Aufgaben: Rechnerübungen (Details werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben)

#### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
- Bestandene studienbegleitende Aufgaben: Rechnerübungen

#### Verwendung des Moduls

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

#### Stellenwert der Note für die Endnote

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### Sonstige Informationen

<b>Entwicklung von Motormanagementsystemen</b>					
Development of Engine Control Systems					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Entwicklung von Motormanagementsystemen			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Eifler					
a) Dr.-Ing. Jens Steinmill					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierende erwerben erweiterte Kenntnisse über die Funktionsweise von Motormanagementsystemen und der entsprechenden Sensorik sowie Aktorik. Des Weiteren erwerben die Studierenden die Fähigkeit Motorsteuerungsfunktionen in einer grafischen Entwicklungsumgebung zu entwerfen und zu parametrieren.</li> <li>Die Studierenden können komplexe Problemstellungen interdisziplinär anwenden. Unter anderem finden Elemente aus der Elektrotechnik, Strömungsmechanik, Thermodynamik, Regelungstechnik und Informatik Anwendung.</li> <li>Die Studierenden können komplexe ingenieurtechnische Probleme (ggf. fachübergreifend) modellieren und lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.</li> <li>Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung.</li> <li>Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften/des Maschinenbaus und kennen Anwendungsbeispiele.</li> <li>Die Studierenden haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.</li> <li>Die Studierenden haben vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenzerworben und können diese situativ angepasst anwenden.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Ausgehend von den Inhalten der Grundlagenvorlesungen Motormanagementsysteme wird in dieser Veranstaltung der Fokus auf die Entwicklung dieser gelegt. Neben der Funktionsweise von Sensorik und Aktorik, welche an Verbrennungsmotoren zum Einsatz kommt, wird die Funktionsweise von Motorsteuergeräten auf der Hard- und Softwareseite dargestellt. Es werden dem Stand der Technik entsprechende Steuerungs- und Regelalgorithmen sowie die funktionale Struktur von Motormanagementsystemen erläutert. Auch wird hier auf die Diagnosen eingegangen, welche im Rahmen der OBD (On-Board-Diagnose) vorgeschrieben sind. Darüber hinaus werden Aspekte der gesamten Entwicklungskette ausgehend von den Anforderungen über die Zertifizierung bis zum					

Serieneinsatz dargestellt. In der Übung werden Funktionen von Motorsteuergeräten mit grafischen Programmierwerkzeugen von den Studierenden erstellt und mit Applikationssystemen parametriert. Hierbei wird auch der Umgang mit elektrischer Mess- und Versuchstechnik, welche für eine Inbetriebnahme von Motorsteuergeräten notwendig ist erlernt. Darüber hinaus wird die Handhabung von Bussystemen zur Steuergerätekommunikation erlernt

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

• Klausur 'Entwicklung von Motormanagementsystemen' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Entwicklungsprojekt Formula Student RUB Motorsport

Development Project Formula Student RUB Motorsport

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	6 LP	180 h	8. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Entwicklungsprojekt Formula Student - RUB Motorsport			a) 2 SWS (30 h)	a) 150 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Andreas Kilzer

a) Prof. Dr.-Ing. Andreas Kilzer

### Teilnahmevoraussetzungen

#### Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden übernehmen eine Entwicklungsaufgabe am Fahrzeug. (Fahrzeug spezifizieren) (Beispiele: Sitz, etc). Kern der Veranstaltung ist die Fahrzeugentwicklung (bei RUB Motorsport) zur Teilnahme an internationalen Konstruktionswettbewerben der Formula Student.

Ziel der Formula Student ist der Gewinn von detaillierten praktischen Erfahrungen im Ingenieursberuf und Erweiterung des Wissens in Entwicklung und Fertigung eines Rennwagens unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Aspekten. Die durchgeführten Komponentenentwicklungen werden umfangreich dokumentiert und im Anschluss präsentiert.

Allgemeine Ziele und Kompetenzen:

- Die Studierenden wenden im Studium gelerntes Wissen an und erweitern dieses selbstständig, um eine Entwicklungsaufgabe im Bereich Formula Student / Motorsport durchzuführen
- Die Studierenden wenden die ingenieurtechnische Grundbildung auf komplexe Problemstellung an
- Die Studierenden haben interdisziplinäres Arbeiten gelernt, soziale Kompetenzen entwickelt und Erfahrungen in Entwicklungsprojekten gesammelt
- Die Studierenden verstehen die eigenständige Organisation von Arbeit unter engen zeitlichen Vorgaben
- Die studierenden festigen dabei Fähigkeiten in Projektmanagement, Sozialkompetenzen, Dokumentation

Voraussetzung:

- Gefestigte Ingenieurskenntnisse in Bereich Mechanik, Werkstoffe, Fertigungstechnik
- Grundkenntnisse im CAD
- Hohe Motivation und Leistungsbereitschaft

### Inhalte

a)

Die Veranstaltung besteht aus vier Komponenten:

1. Erfahrene (ehemalige) Mitglieder unterstützen durch Vorträge über im Motorsport relevante Themen und geben Einblicke in die Formula Student oder der Fahrzeugentwicklung

2. Entwicklungsprojekt: Jedes Mitglied entwickelt in einer Hausarbeit ein Teilsystem des Fahrzeugs, dabei wird jede Komponente nur einmal vergeben. Koordination mit anderen Komponentenverantwortlichen liegt in der Verantwortung der Studierenden. Die durchgeführte Entwicklung wird dokumentiert und abschließend nach anfangs definierten Anforderungen bewertet.
3. Präsentation: Nach Fertigstellung der Entwicklung wird die durchgeführte Entwicklung und das Ergebnis vorgestellt und bewertet.
4. Umsetzung: Nach der Entwicklung wird das Fahrzeug gefertigt und mit diesem an den Wettbewerben am Hockenheimring und ähnlichen teilgenommen. Die Fertigung und die Eventteilnahme sind dabei optional, vom Team aber erwünscht.

Anmerkung: Die Anzahl der Teilnehmer ist auf 30 begrenzt.

**Lehrformen / Sprache**

- a) Deutsch

**Prüfungsformen**

- Hausarbeit 'Entwicklungsprojekt Formula Student - RUB Motorsport' (150 Std., Anteil der Modulnote 100 %, Prüfungsleistung: Schriftliche Dokumentation der eigenen Entwicklung und deren Ergebnis: 100 % Freiwillige Zusatzleistung: Präsentation, ca. 15-minütige Präsentation mit anschließender Diskussion der Ergebnisse (Zusatzleistung geht nicht in die Note ein))

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits****Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 6 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Fachlabor Energietechnik</b> Energy Technology Laboratory</p>							
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>		
5 LP	150 h	8./9. Sem.	1 Semester	50			
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>			
a) Fachlabor Energietechnik		a) 2 SWS (30 h)	a) 120 h	a) jedes Sem.			
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p> <p>Dr.-Ing. David Engelmann a) Prof. Dr.-Ing. V. Scherer, Prof. Dr. Francesca di Mare, Prof. Romuald Skoda, Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Eifler</p>							
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>keine</p>							
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b></p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sowohl die Funktionsweise, das Anwendungsgebiet als auch die dahinterliegende Physik der in den Versuchen vorgestellten Aufbauten zu erklären</li> <li>• aufgenommen Versuchsdaten auszuwerten und zu prüfen</li> <li>• Versuchsergebnisse aufzubereiten, zu illustrieren und zu präsentieren</li> <li>• sich die Lösung von zu den jeweiligen Versuchen artverwandten Fragestellungen selbstständig zu erarbeiten</li> </ul>							
<p><b>Inhalte</b></p> <p>a)</p> <p>Die Lehrstühle für Energieanlagen und Energieprozesstechnik (LEAT), Thermische Turbomaschinen und Flugtriebwerke (TTF), Energiesysteme und Energiewirtschaft (EE), Verbrennungsmotoren (LVM) sowie Hydraulische Strömungsmaschinen (HSM) bieten jeweils im Winter- und Sommersemester ein Fachlabor für Studierende im Master-Studiengang des Maschinenbaus an. Durch die Teilnahme an 5 Versuchen in einem Semester werden den Studierenden interessante und innovative Techniken des Energiesektors vermittelt. Zum Portfolio gehören u.a. die folgenden Versuche, welche von Sommer- zu Wintersemester wechseln können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennwertbestimmung eines festen Brennstoffes mittels Kalorimeter (LEAT)</li> <li>• Strömungsmessung mit Laser-Doppler-Anemometrie (LEAT)</li> <li>• Elementaranalyse (LEAT)</li> <li>• Experimentelle Bestimmung der Strömungsparameter eines Verdichterprofils (TTF)</li> <li>• Leistungsuntersuchungen an einem Schraubenverdichter (TTF)</li> <li>• Kennfeldermittlung an einer Radialverdichterstufe (TTF)</li> <li>• Funktion und Einsatzmöglichkeiten eines gasmotorbetriebenen Blockheizkraftwerks (EE)</li> <li>• Vermessung von Strömungskoeffizienten mithilfe einer Fließbank (LVM)</li> <li>• Kavitation in Kreiselpumpen (HSM)</li> <li>• Numerischer Kreiselpumpenprüfstand (HSM)</li> <li>• Messung der Druckverteilung am NACA-Profil (HSM)</li> </ul>							
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p> <p>a) Praktikum / Deutsch</p>							

**Prüfungsformen**

- Anwesenheitspflicht

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Teilnahme an der Vorbesprechung
- Teilnahme an allen 5 innerhalb eines Semesters angebotenen Versuchen
- bestandene Antestatse für alle 5 innerhalb eines Semesters angebotenen Versuchen
- bestandenes ausführliches Protokoll des ersten zugewiesenen Versuchs
- bestandene Präsentation des zweiten zugewiesenen Versuchs

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Interessierte Studierende melden sich innerhalb von 6 Wochen ab Semesterbeginn für das Fachlabor in FlexNow an.

<b>Fachlabor Konstruktions- und Automatisierungstechnik</b>							
Practical Laboratory Course in Construction and Automation Technology							
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>		
5 LP	150 h	8./9. Sem.	2 Semester	5			
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>		
a) Fachlabor Konstruktions- und Automatisierungstechnik		a) 2 SWS (30 h)		a) 120 h	a) jedes Sem.		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>							
Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann							
a) Dr.-Ing. S. Leonow							
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>							
Empfohlene Vorkenntnisse: keine							
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>							
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden verschiedene etablierte ingenieurwissenschaftliche Methoden in ihrer praktischen Anwendung und können die dazugehörigen Geräte und Versuchsaufbauten benutzen (s. V1-V6).</li> <li>• können die Studierenden Versuchsprotokolle in Form eines Arbeitsberichtes erstellen.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, gestellte Aufgaben im Team selbstständig und ohne Unterstützung des Betreuers zu lösen.</li> <li>• verfügen die Studierenden über die Fähigkeit zu vernetztem und wissenschaftlichem Denken, so dass sie dieses auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen und kompetent hierzu (auch in englischer Sprache) kommunizieren können.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, sich selbst in ihrem Lernprozess zu organisieren, digitale Medien für ihr Studium zu nutzen und sich mit Arbeitsgruppen (auch digital) zu vernetzen.</li> </ul>							
<b>Inhalte</b>							
a)							
Im Rahmen des Fachlabors Konstruktions- und Automatisierungstechnik müssen die Studierenden im Laufe des Semesters sechs Versuche durchführen. Folgende Versuche werden z.Zt. angeboten:							
V1: Schädigungsbestimmung für beispielhafte Arbeitsspiele eines Raupenbaggers,							
V2: Messungen an Schraubverbindungen,							
V3: Herstellung und Vermessung eines Evolventenstirnrades,							
V4: Programmieren einer NC-Maschine (WS)							
SPS-Programmierung einer virtuellen Ampelsteuerung (SS)							
V5: Durchflussregelung mit verschiedenen Regelungskonzepten,							
V6: Ramanspektroskopie.							

Zu jedem Versuch muss ein Gruppenprotokoll erstellt werden und die Ergebnisse des Versuchs müssen dem Betreuer in einem ca. 20-minütigen Vortrag präsentiert werden (ca. 5 Minuten pro Teilnehmer). Die Versuchsunterlagen mit ausformulierten Texten werden bereitgestellt.

**Lehrformen / Sprache**

a) Praktikum / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Praktikum 'Fachlabor Konstruktions- und Automatisierungstechnik' (12 Mon., Anteil der Modulnote 100 %, 6 Versuche: In jedem Versuch bewertet werden: Vorbereitung der Versuchsunterlagen, Durchführung des Versuchs, Gruppenprotokoll, 20-minütiger Vortrag über die Ergebnisse des Versuchs. Die Modulnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Noten der einzelnen Versuche.)
- Anwesenheitspflicht

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Alle Versuche des Fachlabors sind bestanden.

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Fachlabor Mechanik</b> Applied Mechanics Laboratory					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8./9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Fachlabor Mechanik		a) 2 SWS (30 h)	a) 120 h	a) jedes Sem.	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. rer. nat. K. Hackl a) Dr.-Ing. U. Hoppe					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen wichtige messtechnische Verfahren zur experimentellen Bestimmung mechanischer Größen kennen und anwenden.</li> <li>• sind in der Lage die Experimente in systematischer Weise durchzuführen, zu protokollieren und die Ergebnisse der Messungen auf Plausibilität hin zu untersuchen.</li> <li>• analysieren die Messergebnisse und erarbeiten ein Versuchsprotokoll, dass den Versuchsaufbau, die Versuchsdurchführung und die kritische Versuchsauswertung umfasst.</li> <li>• erarbeiten eine Präsentation, in der sie die Versuchsergebnisse vorstellen, analysieren und kritisch diskutieren. Die Präsentation wird vor der Gruppe vorgetragen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Zurzeit werden im Fachlabor Mechanik folgende Versuche durchgeführt:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oszillierendes Pendel</li> <li>• Schwingungstilgung</li> <li>• Experimentelle Analyse zweiachsiger Spannungszustände mit Hilfe von Dehnungsmessstreifen</li> <li>• Spannungsoptischer Versuch oder berührungslose optische 3D-Verformungsanalyse</li> <li>• Experimenteller Nachweis von Spannungshypothesen</li> <li>• Charakterisierung und mechanische Untersuchung von Polymerwerkstoffen unter großen Deformationen</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Praktikum / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausur 'Fachlabor Mechanik' ( &lt;Ohne&gt;)</li> <li>• Die Modulprüfung besteht aus jeweils einem schriftlichen Kolloquium zu jedem Versuch (jeweils ca. 10 Minuten), einer Präsentation der Auswertung zu einem Versuch sowie eines schriftlichen Protokolls zu einem weiteren Versuch. (Anteil an Modulnote 100 %)</li> </ul>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Kolloquien, Präsentation und Protokoll müssen mit insgesamt ausreichender Note erbracht werden					
<b>Verwendung des Moduls</b>					

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Fachlabor Strömungsmaschinen

Turbomachinery Laboratory

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8./9. Sem.	2 Semester	50
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Fachlabor Strömungsmaschinen			a) 2 SWS (30 h)	a) 120 h	a) jedes Sem.
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Dr.-Ing. David Engelmann a) Prof. Dr.-Ing. V. Scherer, Prof. Dr. Francesca di Mare, Prof. Romuald Skoda					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sowohl die Funktionsweise, das Anwendungsgebiet als auch die dahinterliegende Physik der in den Versuchen vorgestellten Aufbauten zu erklären</li> <li>• aufgenommen Versuchsdaten auszuwerten und zu prüfen</li> <li>• Versuchsergebnisse aufzubereiten, zu illustrieren und zu präsentieren</li> <li>• sich die Lösung von zu den jeweiligen Versuchen artverwandten Fragestellungen selbstständig zu erarbeiten</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Lehrstühle für Energieanlagen und Energieprozesstechnik (LEAT), Thermische Turbomaschinen und Flugtriebwerke (TTF) und Hydraulische Strömungsmaschinen (HSM) bieten jeweils im Winter- und Sommersemester ein Fachlabor für Studierende der Studienrichtung Strömungsmaschinen des Master-Studiengangs Maschinenbau an. Durch die Teilnahme an insgesamt 5 Versuchen, wovon 3 im Sommersemester und 2 im Wintersemester absolviert werden müssen, erhalten die Studierenden Einblick in interessante Experimente aus dem Gebiet der Energietechnik und der Strömungsmaschinen. Zum Portfolio gehören u.a. die folgenden Versuche, welche von Sommer- zu Wintersemester wechseln können:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kavitation in Kreiselpumpen (HSM)</li> <li>• Numerischer Kreiselpumpenprüfstand (HSM)</li> <li>• Experimentelle Bestimmung der Strömungsparameter eines Verdichterprofils (TTF)</li> <li>• Leistungsuntersuchungen an einem Schraubenverdichter (TTF)</li> <li>• Kennfeldermittlung an einer Radialverdichterstufe (TTF)</li> <li>• Strömungsmessung mit Laser-Doppler-Anemometrie (LEAT)</li> <li>• Messung der Druckverteilung am NACA-Profil (HSM)</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Praktikum / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Praktikum 'Fachlabor Strömungsmaschinen' (4 Mon., Anteil der Modulnote 100 %, 5 Versuche: Antestat vor dem jeweiligen Versuch; ausführliches Protokoll von einem ersten zugewiesenen Versuch aus dem Portfolio der im Semester angebotenen Versuche (Umfang ca. 15 Seiten, Bearbeitungszeit 3 Wochen ab Versuch); Präsentation von einem zweiten zugewiesenen Versuch aus dem Portfolio der					

im Semester angebotenen Versuche (Umfang ca. 15 Folien, Bearbeitungszeit 3 Wochen ab Versuch (Modulabschlussprüfung: Die Modulnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Noten der einzelnen Versuche))

- Anwesenheitspflicht

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Teilnahme an der Vorbesprechung
- Teilnahme an den 2 im Wintersemester angebotenen Versuchen
- Teilnahme an den 3 im Sommersemester angebotenen Versuchen
- bestandene Antestate für alle 5 angebotenen Versuche
- bestandenes ausführliches Protokoll des ersten zugewiesenen Versuchs
- bestandene Präsentation des zweiten zugewiesenen Versuchs

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Fachlabor Verfahrenstechnik

Process Technology Lab

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8./9. Sem.	1 Semester	40

### Lehrveranstaltungen

a) Fachlabor Verfahrenstechnik

### Kontaktzeit

a) 2 SWS (30 h)

### Selbststudium

a) 120 h

### Turnus

a) jedes Sem.

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner

a) Dr.-Ing. Stefan Pollak

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

### Lernziele/Kompetenzen

Fachlabore im Masterstudium dienen generell dem Erwerb der Fähigkeiten, die für den Einstieg in eine experimentelle (fach-)wissenschaftliche Arbeit notwendig sind.

Da die relevanten praktischen Fähigkeiten in hohem Maße vom gewählten Schwerpunkt abhängen, werden fachspezifische Labore angeboten. Im Fachlabor Verfahrenstechnik stehen verfahrenstechnische Grundoperationen und die Gewinnung und Auswertung von Messdaten im Mittelpunkt.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Denken, Lernen und Arbeiten in vertiefter Form.
- sind die Studierenden im Bereich ihres Studienschwerpunktes mit den umfassenden ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen vertraut und sind in der Lage diese an fachspezifischen Problemstellungen anzuwenden.
- verfügen die Studierenden über praktische handwerkliche Fähigkeiten im Umgang mit messtechnischen Aufbauten und Versuchsanlagen.
- präsentieren die Studierenden eigene experimentelle Ergebnisse und beherrschen das Protokollieren und Aufbereiten von Messergebnissen.
- sind die Studierenden im Besitz von sowohl disziplinärer als auch interdisziplinärer Methodenkompetenz und können diese situativ angepasst anwenden.

### Inhalte

a)

Im Fachlabor lernen die Studierenden des Masterstudiengangs Maschinenbau mit der Fachrichtung Energie- und Verfahrenstechnik, Grundoperationen der Verfahrenstechnik und die damit verbundene Mess- und Analysetechnik kennen.

Das Labor besteht aus 6 Versuchen, die regelmäßig aktualisiert werden und daher variieren können. Welche Versuche im jeweiligen Semester angeboten werden, hängt von der Verfügbarkeit von Anlagen und Betreuern ab und wird für das jeweilige Semester festgelegt. Die Versuche sind in Sommer- und Wintersemester verschieden.

Derzeit mögliche Versuche sind:

- |                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| - Dampfdruck      | - Particle Image Velocimetry |
| - Blendenströmung | - Blasen Säule               |
| - Viskosimetrie   | - Schüttguttechnik           |

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| - Wärmeübertrager    | - Dichtemessung  |
| - Wirbelschicht      | - Sprühtrocknung |
| - Siedegleichgewicht | - Rektifikation  |

Das Labor wird in Gruppen absolviert. Eine Gruppe besteht idealerweise aus vier Studenten. Alle Versuche müssen anhand des ausgegebenen Skriptes vorbereitet werden. Am Anfang jedes Versuches wird diese Vorbereitung in einer mündlichen Eingangsbefragung überprüft. Als Nachbereitung erstellt jede Gruppe zu jedem Versuch ein Protokoll oder hält eine Präsentation.

**Lehrformen / Sprache**

- a) Praktikum / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Praktikum 'Fachlabor Verfahrenstechnik' (6 Mon., Anteil der Modulnote 100 %, Versuchsprotokolle oder Präsentation der Ergebnisse)
- Anwesenheitspflicht - Vorbereitung, Versuchsbeteiligung und Nachbereitung

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Zum Bestehen des Fachlabors müssen alle 6 Versuche bestanden werden. Der Student erhält eine Gesamtnote für alle 6 Protokolle oder Präsentationen.

Präsenz bei allen Versuchen

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Fachlabor Werkstoff- und Microengineering

Experimental Lab Materials and Microengineering

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8./9. Sem.	1 Semester	3
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Fachlabor Werkstoff- und Microengineering			a) 2 SWS (30 h)	a) 120 h	a) jedes Sem.
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler a) Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler, Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber, Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Für das Fachlabor Werkstoffe gibt es keine formalen Voraussetzungen. Eine erfolgreiche Teilnahme am Fachlabor erfordert aber das Beherrschung der Grundlagen, die in den einführenden Werkstoff-Vorlesungen vermittelt werden.					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen aus ausgewählten aktuellen Bereichen des Gebiets Werkstoff- und Microengineering. Das Fachlabor bringt sie in einem zentralen Thema auf den neuesten Stand moderner Werkstoff-Forschung und zeigt vor allem an Beispielen, wie die modernen experimentellen Methoden (Herstellung, Mikroskopische Analyse, Mechanische Prüfung, Modellierung) der Materialwissenschaft zur Lösung von Werkstoff-Problemen einsetzt werden.</li> <li>Die Studierenden erwerben die Fähigkeit komplexe, disziplinenübergreifende Problemstellungen in Werkstoffsystemen (Materialwissenschaft, Physik, Chemie, Kristallographie, Mechanik, Fertigungstechnik) mit geeigneten Methoden lösen.</li> <li>Sie erwerben die Fähigkeit, relevante und moderne experimentelle Methoden und Verfahren auswählen und anwenden zu können.</li> <li>Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken. Sie erwerben dabei an einem Beispiel vertiefte, interdisziplinäre und generische Methodenkompetenz, die sie auf neue Fragestellungen übertragen können.</li> </ul>					

### Inhalte

a)

Das Fachlabor vermittelt experimentelle Fähigkeiten, die für die Durchführung von experimentellen wissenschaftlichen Arbeiten notwendig sind. Im Rahmen des Fachpraktikums werden das Präsentieren eigener experimenteller Ergebnisse sowie das Protokollieren und Aufbereiten von Messergebnissen eingeübt.

Im Mittelpunkt des Fachlabors steht die Untersuchung von Werkstoffen aus dem Bereich der Struktur- und Funktionswerkstoffe. Es werden bspw. Hochtemperaturwerkstoffe oder Formgedächtnislegierungen betrachtet. Hochtemperaturwerkstoffen kommen in Gasturbinen und Flugtriebwerken, Formgedächtnislegierungen als Aktorwerkstoffe und für pseudoelastische Anwendungen zum Einsatz. In beiden Werkstoffklassen spielt die Mikrostruktur der eingesetzten Werkstoffe die entscheidende Rolle, sie steht deshalb im Zentrum der Lernziele. Diese wird im Fachlabor mittels Rasterelektronenmikroskopie, Transmissionselektronenmikroskopie und durch verschiedene röntgenographische Versuchsmethoden charakterisiert. Die wichtigen Strukturbildungsprozesse, die bei der Herstellung von Hochtemperaturwerkstoffen und von Formgedächtnislegierungen eine

Rolle spielen, werden mit der Phasenfeldmethode simuliert. In weiteren Versuchen werden die strukturellen und funktionellen Eigenschaften experimentell ermittelt. Darüber hinaus werden Versuche zu Dünnschichtsystemen durchgeführt, die den heute wichtigen Link zwischen der klassischen Werkstofftechnik und den modernen naturwissenschaftlich geprägten Materialwissenschaften herstellen.

Das Fachlabor gliedert sich wie folgt:

- Versuch I: Strukturbildungsprozesse & Rasterelektronenmikroskopie
- Versuch II: Herstellung dünner Schichten mit Hilfe der Fotolithographie
- Versuch III: Physikalische Eigenschaften in Dünnschichtsystemen & röntgenographische Feinstruktur-Untersuchungen
- Versuch IV: Mechanische Eigenschaften
- Versuch V: Mikromechanische Untersuchungen an Gradientensystemen (aus Diffusionspaaren)
- Versuch VI: Transmissionselektronenmikroskopie

**Lehrformen / Sprache**

a) Praktikum / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Praktikum 'Fachlabor Werkstoff- und Microengineering' (6 Mon.)
- Mündlich 'Fachlabor Werkstoff- und Microengineering' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Studienbegleitende Aufgaben (30-minütige schriftliche Tests)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung mit Vortrag
- Alle Versuche des Fachlabors sind erfolgreich bestanden (Studienleistung). Der Nachweis für die Studienleistung erfolgt über 30-minütige schriftliche Tests.

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Finite Deformationen und nichtlineare FEM</b>					
Finite Deformations and Nonlinear FEM					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Finite Deformationen und nichtlineare FEM		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. rer. nat. K. Hackl					
a) Dr.-Ing. U. Hoppe					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Mechanik A + B + C, Höhere Festigkeitslehre					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden können die Mechanik großer Deformationen mathematisch anwenden und sind in der Lage, hyperelastische Materialgesetze für große Dehnungen zu formulieren und zu analysieren. Sie besitzen die nötigen Kenntnisse, um nichtlineare, ingenieurwissenschaftliche Probleme mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode zu lösen und die Lösungen zu validieren.					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Veranstaltung gliedert sich in die beiden Teilbereiche <i>Finite Deformationen</i> und <i>Nichtlineare FEM</i> , die folgende Inhalte umfassen:					
<u>Finite Deformationen:</u>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik großer Deformationen; nichtlineare Dehnungsmaße; große Rotationen</li> <li>• Statik am verformten System; wahre und nominelle Spannungen; unterschiedliche Spannungstensoren</li> <li>• Prinzip der virtuellen Verschiebungen für endliche Formänderungen; leistungskonjugierte Spannungs- und Dehnungsmaße</li> <li>• Hyperelastische Materialmodelle für große Dehnungen; volumetrische und isochore Zerlegung; Inkompressibilität; Ermittlung der Materialparameter aus Messungen</li> </ul>					
<u>Nichtlineare FEM:</u>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskretisierung des Prinzips der virtuellen Verschiebungen in unterschiedlichen Konfigurationen; geometrisch und materiell nichtlineare Formulierungen</li> <li>• Inkrementelle Verfahren zur Steuerung komplexer Lastpfade</li> <li>• Modifizierte Newtonverfahren zur Lösung nichtlinearen Gleichungssystems; Tangentialsteifigkeitsmatrix</li> <li>• Pfadverfolgungsalgorithmen und Last-Verschiebungssteuerung zur Lösung von Durchschlags- und Rückschlagproblemen</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					

- Klausur 'Finite Deformationen und nichtlineare FEM' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, oder mündliche Prüfung (30 Minuten) Die Prüfungsform wird je nach Teilnehmerzahl am Anfang eines jeden Semesters festgelegt.)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur bzw. mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

MSc Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Finite Elemente Technologie</b> Finite Element Technology</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Finite Elemente Technologie</p>			<b>Kontaktzeit</b> a) 4 SWS (60 h)	<b>Selbststudium</b> a) 90 h	<b>Turnus</b> a) jedes WiSe
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p> <p>Prof. Dr. rer. nat. K. Hackl a) Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani</p>					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlagen der FEM</p>					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben weitergehende Kenntnisse der Finiten-Elemente Methoden, insbesondere hinsichtlich der wesentlichen Fehlerquellen, welche es zu vermeiden gilt</li> <li>• werden in die Lage versetzt, für komplexe Randwertprobleme eigene Software selbst zu entwerfen oder kommerzielle Software kompetent anzuwenden oder zu erweitern.</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b></p> <p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Galerkin-Verfahren und FEM-Konzepte</li> <li>• Locking, Hourgassing</li> <li>• gemischte Elemente, reduziert-integrierte Elemente</li> <li>• Elemente mit inkompatiblen Moden</li> <li>• mathematische Analyse des Diskretisierungsfehlers</li> <li>• Fehlerschätzer und Fehlerindikatoren</li> <li>• Adaptivität</li> <li>• Aspekte der nichtlinearen FEM</li> <li>• gekoppelte Probleme</li> </ul>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p> <p>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch</p>					
<p><b>Prüfungsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausur 'Finite Elemente Technologie' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> <li>• oder Mündliche Prüfung (30 Minuten/ Anteil an der Modulnote 100 %). Die Prüfungsform wird je nach Teilnehmerzahl am Anfang eines jeden Semesters festgelegt.</li> </ul>					
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b></p> <p>Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur bzw. mündliche Prüfung</p>					
<p><b>Verwendung des Moduls</b></p> <p>MSC. Maschinenbau</p>					
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV</p> <p>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).</p>					

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie

TEM (Advanced Users)

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie - Vorlesung			a) 2 SWS (30 h) b) 2 SWS (30 h)	a) 45 h b) 45 h	a) jedes SoSe b) jedes SoSe
b) Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie - Übungen					

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

a) Prof. Gerhard Dehm

b) Dr.-Ing. Christian Liebscher

### Teilnahmevoraussetzungen

#### Lernziele/Kompetenzen

##### Vorlesung

Zielsetzung: Die Vorlesung vermittelt den Aufbau und die Funktionsweise moderner Transmissionselektronenmikroskope. Die Studierenden verstehen die Funktionsweise im TEM als auch im Raster-TEM (STEM) Betrieb. Neuentwicklungen, wie die Funktionsweise eines sphärischen Aberrationskorrektors werden erlernt. Die Studierenden sollen die Grundlagen der Feinbereichsbeugung und Defektanalyse aber auch der hochauflösenden TEM (Phasenobjekt, Kontrasttransferfunktion) durchdringen mit dem Ziel die abbildenden Möglichkeiten des TEMs für Mikrostrukturuntersuchungen zu verstehen und (S)TEM Abbildungen interpretieren zu können.

Kompetenzen: Die Studierenden lernen die Funktionsweise eines TEM für (i) konventionelle und (ii) hochauflösende Mikroskopie und (iii) des STEM kennen und verstehen die Unterschiede in der jeweiligen Bildgebung. Darauf aufbauend werden Einsatzmöglichkeiten moderner TEM Methoden zur Mikrostrukturcharakterisierung von Werkstoffen vermittelt und die Studierenden erlernen die Interpretation und Auswertung von TEM Aufnahmen.

##### Übungen

Zielsetzung: Die Übung beschäftigt sich explizit mit den modernen Methoden im Bereich der Elektronenmikroskopie und deren theoretischen Grundlagen. Die Studierenden erlernen und berechnen die grundlegenden Mechanismen der fortgeschrittenen Transmissionselektronenmikroskopie, zuerst im Bereich der Elektronen-Probe Wechselwirkungsmechanismen. Danach wird im Detail auf die unterschiedlichen Streuprozesse, wie elastische, inelastische, kohärente und inkohärente Streuung und deren Bedingungen eingegangen. Die erlernten theoretischen Grundlagen werden auf die unterschiedlichen Abbildungsbedingungen übertragen und an konkreten Beispielen geübt. Zusätzlich werden Simulationstechniken in der Transmissionselektronenmikroskopie, wie die Multi-Slice Simulation, betrachtet. Die Studierenden kennen vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich Werkstoff-Engineering. Sie kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts exemplarisch

den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung und kennen modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften und Anwendungsbeispiele. Die Studierenden können komplexe Problemstellungen in physikalischen Systemen (ggf. fachübergreifend) mit geeigneten Methoden lösen. Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden praktizieren somit wissenschaftliches Lernen und Denken. Die Studierenden können hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.

**Kompetenzen:** Die Studierenden erlernen und üben die Grundlagen im Bereich der fortgeschrittenen Elektronenmikroskopie für (i) konventionelle, (ii) hochauflöste, aberrationskorrigierte und (iii) analytische Methoden. Die Studierenden haben vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst werden. Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.

### **Inhalte**

a)

Die Vorlesung beschäftigt sich zuerst mit dem Aufbau und der Funktionsweise moderner TEMs. Dies beinhaltet die verwendeten Elektronenquellen, aber auch den Einsatz als konventionelles TEM inklusive Elektronenbeugung, hochauflösendes TEM und Raster-TEM (STEM). Es werden die Grundlagen der elastischen und inelastischen Wechselwirkungen von Elektronenstrahlen mit Werkstoffen behandelt und die Bildentstehung im konventionellen und hochauflösenden TEM gelehrt. Der Einfluß von Linsenfehlern auf die Abbildung wird erläutert und die nun mögliche Korrektur der sphärischen Aberration durch Cs-Korrektoren besprochen. Das physikalische Konzept der Kontrasttransferfunktion und die Auflösungsgrenzen moderner TEM stellen weitere Themenschwerpunkte der Vorlesung dar. Im Rahmen der Vorlesung wird die Interpretation von TEM Abbildungen und Beugungsaufnahmen vermittelt.

b)

In Anlehnung an die Vorlesung Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) für Fortgeschrittene werden die theoretischen Grundlagen der Elektronen-Probe Wechselwirkungsmechanismen geübt. Diese Mechanismen sind grundlegend, um die unterschiedlichen Abbildungsmechanismen im Transmissionselektronenmikroskop und deren physikalischen Grundlagen zu verstehen. Die Grundlagen und Unterschiede der elastischen, inelastischen, kohärenten und inkohärenten Streuung werden erläutert und berechnet. Ein weiterer Schwerpunkt der Übung stellt die Betrachtung von Linsenfehlern der elektromagnetischen Linsen und die Linsenfehlerkorrektur dar. Die theoretischen Grundlagen der Beschreibung von Linsenfehlern werden rechnerisch betrachtet und ein Bezug zur praktischen Bestimmung um Kompensation der Fehler wird erläutert. Weiterführend wird auf die Grundlagen der Elektronen-Energieverlustspektroskopie und deren Bezug zur elektronischen Struktur von Materialien geübt. Ein Ausblick auf die Simulationstechniken in der TEM und scanning TEM (STEM) auf Basis der Multi-Slice Methode werden dargestellt.

### **Lehrformen / Sprache**

- a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch
- b) Übung (2 SWS) / Deutsch

### **Prüfungsformen**

- Mündlich 'Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

### **Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering**

Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

a) Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler, Prof. Dr. Tong Li, Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

The students will learn:

- to evaluate the thermodynamic parameters which stabilize solid solutions and which lead to the formation of ordered phases and heterogeneous particle/matrix systems.
- to appreciate the role of microstructure in determining functional and structural materials properties in four case studies.
- to use the methodology of combinatorial materials research to assess material libraries with the objective to identify new alloy compositions and to invent new materials. They will appreciate the important role of micro engineering in this respect.
- to appreciate the applied side of fields like high temperature materials (lifetime of components in high temperature service) and shape memory alloys (acceptance criteria for shape memory actuators and shape memory implants).
- that there is plenty of space for improving existing and inventing new materials, and that progress in this area is vital for progressing the field and for technological success in materials science and technology.
- to familiarize themselves with the English language, which is used in the academic and technical literature of materials science and microengineering. The lecture will also develop communication skills in English.

**Inhalte**

a)

The students will learn to apply basic materials science concepts (elements of microstructure, phase diagrams, diffusion, strength, physical properties) to four material classes, which are in the focus of todays materials research and feature fascinating structural and functional properties: high entropy alloys (HEAs), intermetallic phases (IPs), single crystal Ni-base superalloys (SX) and shape memory alloys (SMAs). These four material classes have quite different microstructures and properties, but these can be understood on the basis of the concept toolbox, which the students have learned in their basic studies.

Key materials science concepts from the fields of solid state physics (crystal structures and crystal defects), thermodynamics (thermodynamics of mixtures), kinetics (diffusion) and mechanics (uniaxial testing, fracture mechanics) will be reviewed. Emphasis is placed on the importance of the strong link between elementary atomistic, crystallographic, thermodynamic/kinetic and microstructural processes

and the functional and structural properties of materials/components on the macro scale. The following subtopics will receive special attention:

- Importance of atoms and electrons in materials engineering and the transition from atoms to alloys and from alloys to components
- Thermodynamic concepts in materials engineering and fundamentals of alloy design (with a special focus on ternary phase diagrams)
- Combinatorial materials research
- Kinetic concepts in materials science and engineering (with a focus on microstructural evolution)
- Basic concepts of solid state phase transformations
- Understanding and application of knowledge to four materials classes: high entropy alloys, intermetallic phases, single crystal superalloys and shape memory alloys
- Acquisition of knowledge about high temperature strength (example: superalloys), fracture mechanics and fatigue (example: shape memory alloys), structure and properties of alloys and compounds (chemistry, crystallography and physical properties) and methods for the invention of new materials (micro engineering and combinatorial materials research)

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Englisch / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Passing the exam

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Materials Science and Simulation

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Gasdynamik**

Gas Dynamics

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Gasdynamik			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Romuald Skoda

a) Dr.-Ing. Maximilian Paßmann

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlagen der Strömungsmechanik und Fortgeschrittene

Strömungsmechanik dringend empfohlen

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach der Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage, modernste Methoden und Verfahren der Gasdynamik in den Ingenieurwissenschaften sowie deren Anwendungsbeispiele zu verstehen. Sie können komplexe gasdynamische Fragestellungen selbstständig analysieren, indem Sie etablierte Methoden und Verfahren auswählen und anwenden. Darüber hinaus können die Studierenden ihre erlernten Kenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen der Gasdynamik transferieren und somit neue Lösungen erarbeiten.

**Inhalte**

a)

- Wiederholung der strömungsmechanischen und thermodynamischen Grundlagen
- Erhaltungsgleichungen
- Schallgeschwindigkeit und Mach-Zahl
- senkrechter und schräger Verdichtungsstoß
- Expansionsströmungen
- Auftrieb und Widerstand im Überschall
- Charakteristikentheorie
- kompressible Potentialströmungen
- numerische Ergebnisse

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Gasdynamik' (20 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

**Gasmesstechnik**

Gas Measurement Technology

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Gasmesstechnik			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Roland Span

a) Dr.-Ing. Peter Schley

**Teilnahmevoraussetzungen****Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden kennen die Definitionen der wichtigsten Gaskennwerte und verstehen die Relevanz in Bezug auf die verschiedenen Gasanwendungen.
- Die Studierenden kennen die grundlegenden Messverfahren und können die Leistungsfähigkeit für den jeweiligen Anwendungsfall beurteilen.
- Die Studierenden können Messergebnisse auswerten und bewerten.
- Die Studierenden können die Unsicherheit von Messergebnissen bestimmen und verstehen wie man Messunsicherheiten optimieren kann.
- Die Studierenden können thermodynamische Zustandsgleichungen anwenden, vergleichen und beurteilen

**Inhalte**

a)

Die Vorlesung Gasmesstechnik vermittelt zunächst einen grundlegenden Einblick in das Erdgasversorgungssystem und geht hierbei auch auf die Veränderungen im Rahmen der Energiewende ein. Die Einbindung regenerativer Energieträger, wie Biogas oder aus überschüssigem „Windstrom“ erzeugter Wasserstoff, in das Gasnetz stellt ein großes Potential aber auch eine große Herausforderung an die Gasinfrastruktur und die Gasanwendungen dar.

Vor diesem Hintergrund werden in der Veranstaltung unterschiedlichste Mess- und Analyseverfahren entlang der gesamten Prozesskette (Gasaufbereitung, Gastransport, Gasanwendungen) behandelt. Gleichzeitig werden zukunftsorientierte Fragestellungen diskutiert, beispielsweise wie das Gasnetz zur Speicherung von elektrischer Energie genutzt werden kann. Begleitet wird die Vorlesung durch eine Übung, in der das vermittelte Wissen an praxisnahen Beispielen vertieft wird. Im Einzelnen werden folgende Inhalte behandelt:

- Beschaffenheit von Erdgas
- Gasqualität / Gaskennwerte
- Thermodynamische Zustandsgrößen
- Messtechnik Volumen
- Messtechnik Gasbeschaffenheit (Kalorimetrie / Chromatografie)
- Metrologie, Messunsicherheit
- Einspeisung von Wasserstoff aus „Power-to-Gas“ Anlagen
- Gasbeschaffenheitsverfolgung

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Gasmesstechnik' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies**

Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9 Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Geothermal Drilling Engineering and Subsurface Technologies			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke

a) Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Englischkenntnisse, nachgewiesen durch: „Test of English as a Foreign Language“ (TOEFL): wobei das Testergebnis -in der Internet-Version (iBT) mindestens 80 Punkte betragen sollte, oder „International English Language Testing System“ (IELTS): Mindestgesamtnote „6“ (Testversion „academic“)

**Lernziele/Kompetenzen**

The course gives an introduction to the principles of conventional and advanced deep drilling technologies and of production and reservoir engineering technologies. Students learn how to plan a drilling project including wellbore planning and selection of toolings and devices.

Kenntnisse:

- Fundamentals of deep drilling systems
- Drilling tooling
- Well and casing stability
- Site management skills
- Mud circulation
- LWD / MWD techniques
- Reservoir characterisation and testing

Fertigkeiten:

- Explain the main methods and parameters of drilling technology
- Describe potential drilling problems
- Define the composition of the cost structure of a drilling project
- Calculate casing designs

Kompetenzen:

- Develop deep drilling and production concepts,
- Explain the main methods and parameters of drilling technology,
- Describe potential drilling problems,
- Name major advanced drilling technologies,

- Define the composition of the cost structure of a drilling project.
- Name hydraulic test methods,
- Describe reservoir test principles,
- Define the parameters of a conceptual reservoir model.
- Tell principles of resource management,
- Calculate simple production parameters.
- Define pumping systems for specific applications,
- Describe the processes in the borehole while pumping,
- Name the damage mechanisms of downhole pumps.
- Describe the hydrochemically induced failure processes in the borehole while pumping.

#### **Inhalte**

a)

- Deep drilling basics; mechanical rock destruction process
- Drilling techniques and process
- Rotary drilling, percussion drilling, directional drilling
- Innovative and unconventional drilling techniques (thermal, hydraulic, coiled tubing)
- Drilling specific laboratory analysis
- Mud logging
- Health, safety issues and environmental impacts of drilling projects
- Pumping the reservoir
- Test procedures and low-temperature reservoir modelling
- Reservoir Engineering

#### **Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Englisch / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

- Hausarbeit 'Geothermal Drilling Engineering and Subsurface Technologies' (40 Std., Anteil der Modulnote 100 %, Hausarbeit als Gruppenarbeit (in kleinen Gruppen) zu diversen Themenstellungen mit anschließender Präsentation und Diskussion. )

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Hausarbeit

#### **Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

## Geothermal Energy Systems

Geothermal Energy Systems

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8 Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Geothermal Energy Systems			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke

a) Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Englischkenntnisse, nachgewiesen durch: „Test of English as a ForeignLanguage“ (TOEFL): wobei das Testergebnis -in der Internet-Version (iBT) mindestens 80 Punkte betragen sollte, oder „International English Language Testing System“ (IELTS): Mindestgesamtnote „6“ ( „academic“)

### Lernziele/Kompetenzen

The students know the fundamentals of energy conversion systems such as electricity generation from geothermal resources at low and at high enthalpy. They describe the function of the components of a power plant and understand the thermodynamics of fluid and steam cycles. They are able to design simple district heating networks and develop concepts for industrial applications for infrastructural and agricultural uses.

Kenntnisse:

- Components of a hydrothermal system
- Methods of enhancing geothermal reservoirs
- Reservoir principles for thermal water generation
- Schematic flow and temperature / entropy processes for geothermal plants
- Equipment for plants for electricity generation from steam and binary cycles and for direct uses
- Estimate the environmental and social impacts of geothermal projects

Fertigkeiten:

- Define the elements of thermodynamics
- Formulate the laws of thermodynamics
- Recite principles of the conversion of heat to work
- Distinguish entropy from exergy

Kompetenzen:

- Explain the structure and dimensions of the earth and the related heat potential,
- Give an outlook to the expected major future applications of geothermal energy.
- Name the main sources and amounts of heat deriving from the subsurface,
- Explain the temperature distribution inside the earth over space and time,

- Distinguish between the nuclear, thermal and solar heat sources within the earth's structure and their sustainability,
- Define the hydraulic characteristics of geothermal systems,
- Differentiate the temperature versus depth parameters of low temperature fields and sedimentary basins.
- Describe the main technical solutions for direct, indirect and combined electricity and heat production uses,
- Propose possible applications for available resource temperatures.
- Describe the interactions of geothermal energy conversion systems: reservoir-well-piping-plant-reinjection
- Match the different power plant types and technical applications to corresponding reservoir conditions
- Identify the components of heat conversion technologies
- Develop technical solutions for given reservoir conditions, and regional or local energy demands.
- Compare the different cooling energy sources and choose the right cooling system for a site,
- Name the main elements for transmission and urban underground pipeline systems,
- Define the impacts of plants on the environment,
- Illustrate the phases and cumulative costs at various stages of development,

#### Inhalte

a)

- Global geothermal resources
- Elements of thermodynamics, fluid mechanics, and heat transfer applied to geothermal energy conversion systems
- Power plant technologies based on flash steam, direct steam, binary conversion systems, and hybrid systems
- Cooling technologies
- District heating networks and direct uses
- Pumping the reservoir
- Hybrid uses (water desalination)
- Mine water applications
- Corrosion and scaling processes
- Social and environmental impacts
- Case studies
- Economics, finance, and risk analysis of a geothermal project

#### Lehrformen / Sprache

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Englisch / Deutsch

#### Prüfungsformen

- Klausur 'Geothermal Energy Systems' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Optionale Hausarbeit zur Erreichung von Bonuspunkten für die Klausur (40 Stunden, max. 10 Seiten, Bearbeitungszeit 4 Wochen, Abgabefrist wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben) Bei einer Teilnehmerzahl <= 10 Teilnehmer\*innen kann die Prüfung auch mündlich durchgeführt werden )

#### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Gewerblicher Rechtsschutz: Patentwesen in den Ingenieurwissenschaften</b>					
Protection for Industrial Properties: Patent in Engineering					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8./9. Sem.	Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Gewerblicher Rechtsschutz: Patentwesen in den Ingenieurwissenschaften		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes Sem.	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Beate Bender a) Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Rüdiger Bals, Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Andreas Vogel					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Zielsetzung:  Ausgehend von grundlegenden Kenntnissen zur Produktentwicklung und Konstruktionstechnik werden rechtliche Möglichkeiten zum Schutz von technischen Erfindungen, sowie deren Verwendung differenziert thematisiert.					
Kompetenzen:  Die Studierenden kennen das Patentwesen mit Fokussierung auf die Themen der Ingenieurwissenschaften als relevanter ökonomischer und organisatorischer Aspekt. Sie haben ein Verständnis für die unterschiedlichen Möglichkeiten zum Schutz technischer Erfindungen entwickelt. Dabei haben sie das Verfahren der Anmeldung dieser unterschiedlichen Schutzmöglichkeiten, besonders des Patents auf nationaler und internationaler Ebene, betrachtet. Darüber hinaus sind die Studierenden für die Recherche bei Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sensibilisiert. Die Studierenden haben dadurch fachübergreifende Methodenkompetenz erlangt, die sie an praktischen Beispielen situativ anwenden können.					
<b>Inhalte</b>					
a) Lehrveranstaltung geht über zwei Semester:  Inhalte im Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in den gewerblichen Rechtsschutz</li><li>• Patente und Gebrauchsmuster, materiellrechtlich</li><li>• Patente und Gebrauchsmuster, formalrechtlich</li><li>• Patente und Gebrauchsmuster, in der Praxis</li><li>• Einspruch, Nichtigkeitslage, Löschung, Verletzung</li><li>• Übungen</li></ul> Inhalte im Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"><li>• Schutz im Ausland</li><li>• Design und Urheberrecht</li></ul>					

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Arbeitnehmererfinderrecht</li><li>• Marken</li><li>• Informationen und Recherche</li><li>• Innovationsmanagement</li><li>• Übungen</li></ul> |
|--|

Die Lehrveranstaltungen bauen aufeinander auf. Der Einstieg ist in jedem Semester möglich.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Exkursion / Deutsch

**Prüfungsformen**

• Mündlich 'Mündlich' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Die Modulabschlussprüfung prüft zusammengefasst die Inhalte des Winter- und Sommersemesters. Die Prüfung wird jedes Semester angeboten. )

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Grundlagen der Hydraulischen Strömungsmaschinen und Anlagen**

Basics of Hydraulic Fluidmachinery and Systems

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Grundlagen der Hydraulischen Strömungsmaschinen und Anlagen			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Romuald Skoda					
a) Prof. Romuald Skoda					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Thermodynamik, Strömungsmechanik, Grundlagen der Fluidenergiemaschinen, Fortgeschrittene Strömungsmechanik					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden sind in der Lage, verschiedene Bauarten hydraulischer Strömungsmaschinen zu identifizieren und zu beschreiben. Sie können spezielle Phänomene für strömende Flüssigkeiten (z.B. Kavitation) erläutern und die Energieumsetzung in Maschine und Anlage erklären. Die Studierenden können für gegebene Anlagen, in denen hydraulische Maschinen eingesetzt werden, eine Maschine auswählen. Darüber hinaus wissen die Studierenden, wie man eine hydraulische Maschine konzipiert und entwirft.					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauarten und Einsatzbereiche</li> <li>• Strömungs- und Thermodynamische Grundlagen</li> <li>• Energieumsetzung in der Maschine und Anlage</li> <li>• Kennlinien und Kennfelder</li> <li>• Berechnung des Schaufelgitters</li> <li>• Betriebsverhalten und Regelung</li> <li>• Kavitation</li> <li>• Ähnlichkeitsbetrachtungen</li> <li>• Auswahl und Auslegung der Maschine</li> <li>• Dreidimensionale Strömungsberechnung</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'Grundlagen der Hydraulischen Strömungsmaschinen und Anlagen' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
MSc. Maschinenbau					

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**IT-gestützte Geschäftsprozesse am Beispiel von SAP-Standardsoftware**

IT-supported Business Processes Using SAP Standard Software

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße		
	5 LP	150 h	8./9. Sem.	1 Semester	30		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>		
a) IT-gestützte Geschäftsprozesse am Beispiel von SAP-Standardsoftware		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes Sem.		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>							
Prof. Dr. Jens Pöppelbuß							
a) Prof. Dr. Jens Pöppelbuß							
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>							
Keine Teilnahmevoraussetzungen. Maximal 30 Teilnehmende. 10 der 30 Plätze sind für den Optionalbereich vorgesehen. Anmeldemodalitäten werden vor Semesterbeginn bekannt gegeben.							
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>							
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls							
<ul style="list-style-type: none"> <li>können Studierende die Konzepte von Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP-Systemen) erklären,</li> <li>können Studierende die Rolle von ERP-Systemen zur Unterstützung von innerbetrieblichen Geschäftsprozessen sowie von Vertriebsaktivitäten erläutern,</li> <li>können Studierende wesentliche innerbetriebliche Prozesse und Vertriebsprozesse mit Hilfe von SAP-Standardsoftware durchführen, bspw. in den Bereichen Beschaffung, Materialwirtschaft, Produktion, Finanzen und Projektmanagement.</li> </ul>							
<b>Inhalte</b>							
a)							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Standardsoftware, insbesondere Enterprise-Resource-Planning-Systeme</li> <li>Prozess- und Datenintegration in Unternehmen</li> <li>Geschäftsprozesse in verschiedenen Unternehmensfunktionen wie Rechnungswesen, Controlling, Materialwirtschaft, Vertrieb, Produktion, Instandhaltung, Projektmanagement, Personalwesen</li> </ul>							
<b>Lehrformen / Sprache</b>							
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch							
<b>Prüfungsformen</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klausur 'Online-Klausur' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Online-Klausur (Einzelleistung, Prüfungsangebot wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben) Studienbegleitende Aufgabe (Einzelleistung, Vortrag in der Gruppe, Vortragsdauer 30-45 Minuten, im Verlauf des Semesters) durch die Präsentation eines SAP-Moduls )</li> </ul>							
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestandene Modulabschlussprüfung: Online-Klausur</li> <li>Bestandene Präsentation studienbegleitende Aufgaben: Präsentation eines SAP-Moduls</li> </ul>							
<b>Verwendung des Moduls</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Optionalbereich</li> </ul>							

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• MINT Modul (Master-Studiengang Maschinenbau und Sales Engineering and Product Management)</li></ul> |
|---|

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
--

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
---

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

Die Veranstaltung findet online statt.
--

<b>Industrie 4.0 für Ingenieure</b> Industry 4.0 for Engineers					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Industrie 4.0 für Ingenieure		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes SoSe		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter a) Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b> <p>Nach einer allgemeinen Einführung in die Thematik der vierten industriellen Revolution lernen die Studierenden die verschiedenen Themenbereiche, die durch den Megatrend Digitalisierung tangiert werden, kennen. Von Basistechnologien aus der IT-Welt über neue Sensorsysteme bis hin zur Robotik werden verschiedene Inhalte vermittelt. Hierzu wird auch erörtert, wie die aktuellen Komponenten in Zukunft vernetzt werden können. Darüber hinaus wird im Rahmen von Industrie 4.0 der Mensch als entscheidende Komponenten im industriellen Kontext herausgestellt. Zum Ende der Veranstaltungen werden die erlernten Inhalte an zahlreichen Beispielen aus dem industriellen Einsatz sowie aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekten analysiert.</p> <p>Die Studierenden erlangen umfangreiche Kenntnisse über Komponenten und Basistechnologien im Zusammenhang des übergeordneten Themas: Industrie 4.0. Sie haben einen umfassenden Überblick über die Trends der Thematik und können Fachbegriffe der Industrie 4.0 erklären. Nach dem Bearbeiten der Grundlagen der Industrie 4.0 Thematik können diese auf reale Problemstellungen angewendet werden, indem die neuen Kenntnisse benutzt werden, um beispielsweise Optimierungspotenziale in Betrieben zu ermitteln und zu bewerten.</p> <p>Studierende erstellen zwei kurze schriftliche Ausarbeitungen zu ausgewählten Themen der Vorlesung und präsentieren diese im Rahmen von Übungsaufgaben. Dabei entwickeln sie passende Umsetzungsstrategien für die vorgestellten Problemstellungen, indem sie die gelernten Inhalte der Vorlesungen ableiten und auf das gegebene Anwendungsszenario transferieren.</p>					
<b>Inhalte</b> a) <p>Die Vorlesung ist eine gemeinsame Veranstaltung von Professorinnen und Professoren der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabungstechnik und Industrierobotik. Das Modul vermittelt den Studierenden erste Einblicke in die Industrie 4.0 und zeigt deren Anwendung speziell im Hinblick auf die Produktionstechnik auf.</p> <p>In diesem Zusammenhang werden folgende Schwerpunkte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzwerk- und Cloud-Technologie</li> <li>• Software- und Steuerungstechnologien (Dienste und Agenten)</li> <li>• Industrierobotik 1 (Intelligenz, Programmierung)</li> <li>• Industrierobotik 2 (Mobilität, Sicherheit, Mensch-Roboter-Kollaboration)</li> <li>• Der Mensch in Industrie 4.0 (HMI, VR/AR, Supportsysteme, Ergonomie, Sicherheit)</li> </ul>					

- Simulationstechnologien
- Industrial Data Science
- Lokalisierung
- Sensorsysteme (Identsysteme, Bildverarbeitung, 3D-Messtechnik)
- Methoden und Referenzarchitekturen für die Systemintegration
- Maschinelles Lernen

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Industrie 4.0 für Ingenieure' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Bearbeitung von 2 Übungsaufgaben

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
- Studienbegleitende Leistungen: Bearbeitung von 2 Übungsaufgaben

**Verwendung des Moduls**

- B.Sc. Sales Engineering and Product Management
- M.Sc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Instationäre Gasdynamik des Fahrzeugmotors</b>					
Unsteady Gasdynamic of Vehicle Engines					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Instationäre Gasdynamik des Fahrzeugmotors			a) 3 SWS (45 h)	a) 105 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Beate Bender					
a) Prof. Dr.-Ing. H.-J. Linnhoff					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden sollen sollen im Detail folgende Fähigkeiten erwerben:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsätzliches Verständnis der Modellbildung bei technischen Berechnungen</li> <li>• Detaillierte Darstellung des In-Cylinder Prozesses</li> <li>• Tiefgehendes Verständnis der instationären kompressiblen Strömung</li> <li>• Kenntnisse der unterschiedlichen Lösungsverfahren</li> <li>• Überblick über Zusatzeinrichtungen an modernen Verbrennungsmotoren (Turboaufladung etc.)</li> </ul>					
Allgemeine Ziele und Kompetenzen:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich ihres Studienschwerpunkts.</li> <li>• Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung.</li> <li>• Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften / des Maschinenbaus und kennen Anwendungsbeispiele.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe mathematische Problemstellungen in physikalischen Systemen (ggf. fachübergreifend) mit geeigneten Methoden lösen.</li> <li>• Die Studierenden haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>• Die Studierenden praktizierten wissenschaftliches Lernen und Denken.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe ingenieurtechnische Probleme (ggf. fachübergreifend) modellieren und lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.</li> <li>• Die Studierenden haben vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.</li> <li>• Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					

a)

In der Veranstaltung „Instationäre Gasdynamik des Fahrzeugmotors“ wird im ersten Abschnitt die thermodynamische Modellierung des Zylinderprozesses vorgestellt. Um den Ladungswechsel beschreiben zu können werden im zweiten Abschnitt die drei Erhaltungssätze (Masse, Energie und Impuls) der eindimensionalen instationären Strömung hergeleitet. Es folgt die Vorstellung des linearen akustischen Lösungsverfahrens für diese partiellen Differentialgleichungen (Erhaltungssätze), die im dritten Schritt gefolgt wird von der Besprechung mehrerer nichtlinearer Verfahren. Aktuelle Themengebiete der Motorenentwicklung wie Aufladung oder Direkteinspritzung werden an den passenden Stellen vorgestellt.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Instationäre Gasdynamik des Fahrzeugmotors' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Integrierte Hochdruckverfahren</b>					
Integrated High-Pressure Methods					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Integrierte Hochdruckverfahren			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Thomas Ernst Müller a) Dr. rer. nat. Sabine Kareth					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>verstehen die Studierenden industrielle Hochdrucksynthesen (z.B. Polyethylensynthese, Ammoniaksynthese) und deren integrierte Prozessführung.</li> <li>verstehen die Studierenden Verfahren zur Standardisierung von Lebensmittelprodukten (z.B. Hochdruckextraktion) und moderne Hochdruckverfahren zur Herstellung von Mikropartikelsystemen (z.B. PGSS, CPF, RESS, GAS).</li> <li>sind die Studierenden in der Lage die thermo- und fluiddynamischen Grundlagen zur Planung und Auslegung von Hochdruck-Prozessen zu benutzen.</li> <li>können die Studierenden die Verfahren zur Erzeugung von Mikropartikeln in ihrer Anwendbarkeit auf neue Produkte bewerten.</li> <li>können die Studierenden geeignete Verfahren kombinieren und somit mögliche neue integrierte Hochdruckverfahren entwerfen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
In der Vorlesung Integrierte Hochdruckverfahren werden moderne Entwicklungen auf dem Gebiet der Naturstofftechnologie, der Herstellung und Verarbeitung von Polymeren, der Lebensmitteltechnologie und der Pharmazie vorgestellt. Die Vorteile der Anwendung erhöhter Drücke im Rahmen von Gesamtprozessen werden erläutert. Ferner werden spezielle Gesichtspunkte und Randbedingungen der Verfahrensentwicklung vermittelt. Hierzu zählen z.B. die Berücksichtigung der Bedürfnisse des Verbrauchers, der sorgfältige und schonende Umgang mit Ressourcen, betriebliche und volkswirtschaftliche Sicherheitsaspekte und das Verständnis für Entscheidungsabläufe oder Anforderungen hinsichtlich geschlossener Stoffkreisläufe und „life-cycle“ Betrachtungen für die erzeugten Produkte.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'Integrierte Hochdruckverfahren' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Introduction to Three-dimensional Materials Characterization Techniques</b>					
Introduction to Three-dimensional Materials Characterization Techniques					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Introduction to 3D Materials Characterization Techniques		a) 4 SWS (60 h)	a) 0 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Tong Li					
a)					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Für die Teilnahme an der Vorlesung sind keine formalen Voraussetzungen zu erfüllen. Grundlagen zum Aufbau fester Stoffe, zu Kristaldefekten und zu den chemischen und mikroskopischen Untersuchungsmethoden werden kurz wiederholt, eventuell muss aus dem Grundlagenbereich ergänzend nachgearbeitet werden.					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>verstehen die Studierenden, wie die wichtigsten Methoden der dreidimensionalen Materialcharakterisierungstechniken funktionieren.</li> <li>analysieren die Studierenden Probleme eines wissenschaftlichen Projekts.</li> <li>können die Studierenden, die dreidimensionalen Materialcharakterisierungstechniken anwenden, um wissenschaftliche Fragen im Zusammenhang mit der Materialwissenschaft zu lösen.</li> <li>entwickeln die Studierenden praktische Fähigkeiten zur Probenvorbereitung und Datenanalyse.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>3D-energiedispersive Röntgenspektroskopie</li> <li>3D-Feldionenmikroskopie</li> <li>Atomsonden-Tomographie</li> <li>Elektronentomographie</li> <li>Röntgentomographie</li> <li>Fokussierte Ionenstrahl-Aufteilung / Rasterelektronenmikroskopie</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Seminar / Vorlesung mit Übung / Englisch / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Studienbegleitende Aufgaben / Schriftliche Ausarbeitung (Anteil an der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Studienbegleitende Aufgaben					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>MSc. Maschinenbau</li> <li>MSc. Sales Engineering and Product Management</li> <li>MSc. Materials Science and Simulation</li> </ul>					

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## **Klbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz**

Klbox: Solving Sustainability Challenges Through Artificial Intelligence

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8./9. Sem.	1 Semester	25
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>

a) Klbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz

a) 3 SWS (45 h)

a) 105 h

a) jedes Sem.

### **Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr. Jens Pöppelbuß

a) Prof. Dr. Jens Pöppelbuß, Prof. Dr. Christian Meske

### **Teilnahmevoraussetzungen**

Keine Teilnahmevoraussetzungen. Teilnahmebeschränkung: Maximal 25 Teilnehmende.

Anmeldemodalitäten werden vor Semesterbeginn bekannt gegeben.

Empfohlene Vorkenntnisse: Keine Vorkenntnisse benötigt, Interesse an Methoden der künstlichen Intelligenz, Erfahrungen mit Python hilfreich und gern gesehen

### **Lernziele/Kompetenzen**

Die Studierenden erwerben durch das Absolvieren der Lehrveranstaltung folgende Kompetenzen:

- Die „Kickbox“-Innovationsmethode erläutern und anwenden,
- Beispielhafte Nachhaltigkeits-Challenges identifizieren und analysieren,
- Potenziale von KI zur Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges identifizieren,
- Kreativitätstechniken, Ideation- und Prototyping-Methoden (z. B. aus dem Design Thinking, sowie Lean-Start-Up) für den eigenen Innovationsprozess auswählen und anwenden,
- Eigene kreative Ideen präsentieren und testen und mittels Feedbacks überarbeiten,
- Ziele definieren, Projekte managen und Meilensteine eigenständig erreichen,
- Teamarbeit unter Einsatz von begrenzten Ressourcen koordinieren,
- KI-Lösungen prototypisch implementieren,
- Unternehmerisches Handeln,
- Nachhaltigkeit anhand etablierter Dimensionen (z. B. Triple-Bottom-Line und Corporate Social Responsibility) zur Bewertung eigener Ideen nutzen.

### **Inhalte**

a)

- Kickbox-Innovationsmethode
- Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeitsziele und -herausforderungen
- Künstliche Intelligenz

### **Lehrformen / Sprache**

a) Projekt / Deutsch

### **Prüfungsformen**

- Mündlich 'Klbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz' (25 Min., Anteil der Modulnote 100 %, )
- Studienbegleitende Aufgaben 'Abschlussbericht' (15 Min., unbenotet, Abschlusspräsentation (Gruppenleistung, anschließende Diskussion von 10 Minuten))

- Abschlussbericht (Gruppenleistung)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Abschlussbericht und Abschlusspräsentation bestanden (Präsentationstermin wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben)
- Präsenz (Teilnahme an mindestens 60% der Treffen im Plenum)

**Verwendung des Moduls**

Nicht-MINT Modul (Master-Studiengang Maschinenbau und Sales Engineering and Product Management)

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Kernkraftwerkstechnik</b> Nuclear Power Plants Engineering					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Kernkraftwerkstechnik		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch a) Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlagen der Werkstofftechnik, Grundlagen der Thermo- und Fluiddynamik					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b> Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse der Reaktortypen, innovativer Reaktorkonzepte und die geschlossene Darstellung der Reaktorsicherheit. Sie können exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlichen Forschung sowie die modernsten Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften einschätzen und anwenden. Sie können das entsprechende Fachvokabular interpretieren.					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• lösen Studierende komplexe mathematische Problemstellungen in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden,</li> <li>• differenzieren Studierende Erkenntnisse und übertragen diese auf konkrete und neue Problemstellungen,</li> <li>• validieren Studierende die komplexen ingenieurtechnischen modellierten und gelösten Probleme zu eigenen Ansätzen,</li> <li>• wählen Studierende durch die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken die etablierten Methoden und Verfahren aus und modifizieren diese,</li> <li>• verifizieren Studierende vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenzen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b> <p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifizierung der Reaktortypen nach ihren Merkmalen und wirtschaftlich-technischen Einsatzfähigkeit als Kraftwerksreaktoren,</li> <li>• Vorstellung der internationalen Entwicklungen sowie evolutionäre und innovative Reaktorkonzepte,</li> <li>• Beschreibung des konstruktiven Aufbaus des Reaktorkerns und der -kühlkreisläufe sowie die wärmetechnischen Aspekte der einzelnen Reaktortypen,</li> <li>• Diskussion über die Anlagenbereiche außerhalb des eigentlichen Reaktors unter Berücksichtigung der radiologischen und anlagentechnischen Gesichtspunkte,</li> <li>• Erläuterungen der Einrichtungen zu Wechsel und Lagerung der Brennelemente im Rahmen des Brennstoffkreislaufs,</li> <li>• Erläuterung der geschlossenen Darstellung der Reaktorsicherheit, die Funktion der verschiedenen Strahlungsbarrieren, insbesondere die Funktion des Containments,</li> </ul>					

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Diskussion der Sicherheitsforderungen und -maßnahmen.</li></ul> |
|---|

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Kernkraftwerkstechnik' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Kontinuumsmechanik</b> Continuum Mechanics</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Kontinuumsmechanik</p>		<b>Kontaktzeit</b> a) 4 SWS (60 h)	<b>Selbststudium</b> a) 90 h	<b>Turnus</b> a) jedes SoSe	
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani a) Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani</p>					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Empfohlene Vorkenntnisse: Mechanik B, Grundlagen der FEM</p>					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Deformationen von allgemeinen, dreidimensionalen, verformbaren materiellen Körpern beschreiben</li> <li>• sind in der Lage die inneren Spannungszustände von materiellen Körpern zu beschreiben</li> <li>• verfügen über fundierte Kenntnisse der physikalischen Grundgesetze zur Beschreibung von Festkörpern</li> <li>• können auf Basis dieser Grundsätze geschlossene Gleichungssysteme für die Lösung von thermo-mechanischen Randwertproblemen herleiten</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b> a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Tensorrechnung</li> <li>• Kinematische Beziehungen</li> <li>• Deformation und Deformationsgeschwindigkeit</li> <li>• Spannungskonzept</li> <li>• Bilanzgleichungen</li> <li>• Grundlagen der Materialtheorie</li> </ul>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b> a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch</p>					
<p><b>Prüfungsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausur 'Kontinuumsmechanik' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> <li>• oder Mündliche Prüfung (30 Minuten, Anteil der Modulnote 100 %) Die Prüfungsform wird je nach Teilnehmerzahl am Anfang eines jeden Semesters festgelegt.</li> </ul>					
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur bzw. mündliche Prüfung</li> </ul>					
<p><b>Verwendung des Moduls</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MSc Bauingenieurwesen</li> <li>• MSc Maschinenbau</li> </ul>					
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV</p>					

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Laserfertigungstechnik</b> Laser Materials Processing</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Laserfertigungstechnik</p>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes SoSe		
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p>					
Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf					
a) Prof. Dr.-Ing. Cemal Esen					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b></p>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>sind die Studierenden in der Lage, die physikalischen Grundlagen der Lasertechnik nachzuvollziehen.</li> <li>können die Studierenden die Wechselwirkung von Strahlung und Materie sowie die physikalischen Gesetzmäßigkeiten erklären</li> <li>kennen die Studierenden die Anwendungsgebiete der Lasertechnik in der industriellen Fertigung und können die verschiedenen Prozesse verstehen und theoretisch anwenden</li> <li>sind die Studierenden in der Lage die unterschiedlichen Laserstrahlquellen hinsichtlich ihres physikalischen Wirkprinzips zu unterscheiden und für eine konkrete Aufgabenstellung anhand einer Bewertung eine Auswahl des passenden Verfahrens und der richtigen Strahlquelle zu treffen.</li> <li>erwerben die Studierenden die Fertigkeit, einen Lösungsansatz für eine Bearbeitungsaufgabe zu finden und die Anwendbarkeit eines Laserfertigungsverfahrens kritisch zu hinterfragen einschließlich einer betriebswirtschaftlichen Analyse</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b></p>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der Lasertechnik</li> <li>Laserstrahlquellen für die Fertigungstechnik: Festkörper- (Faser- und Scheiben), CO<sub>2</sub>-, Excimer- und Diodenlaser</li> <li>Strahlführungs- und -formungssysteme, Lasersystemtechnik für die Strahlbewegung und Strahlkontrolle, Analyse der Lasereigenschaften</li> <li>Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Materialeigenschaften</li> <li>Laserbasierte Fertigungsverfahren: Trennen, Fügen, Beschriften/Markieren, Oberflächenbehandlung, generative Fertigung</li> <li>Qualitätssicherung und wirtschaftliche Aspekte der Lasermaterialbearbeitung</li> <li>Lasersicherheit</li> </ul>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p>					
a) Vorlesung mit Übung / Deutsch					
<p><b>Prüfungsformen</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mündlich 'Laserfertigungstechnik' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> </ul>					

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Lasermedizintechnik</b> Laser Medical Technology</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Lasermedizintechnik</p>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p>					
<p>Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf a) Prof. Dr.-Ing. Cemal Esen</p>					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p>					
<p>Empfohlene Vorkenntnisse: keine</p>					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b></p>					
<p>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden in der Lage, die physikalischen Grundlagen der Lasertechnik nachzuvollziehen.</li> <li>• können die Studierende die Wechselwirkung von Strahlung und Gewebe sowie die physikalischen und biologischen Gesetzmäßigkeiten erklären</li> <li>• erwerben die Studierenden einen Überblick über die diagnostischen und therapeutischen Laserverfahren in der Medizintechnik und können die verschiedenen Prozesse beschreiben und vergleichen.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, die unterschiedlichen Laserstrahlquellen hinsichtlich ihres physikalischen Wirkprinzips zu unterscheiden und für eine konkrete Aufgabenstellung anhand einer Bewertung eine Auswahl des passenden Verfahrens und der richtigen Strahlquelle zu treffen.</li> <li>• erwerben die Studierenden die Fertigkeit, die erworbenen Kenntnisse auf klinische Problemstellungen zu übertragen und zu bewerten.</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b></p>					
<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Lasertechnik</li> <li>• Laserstrahlquellen für die Medizintechnik: Festkörper- (Faser-, Scheiben- und Ultrakurzpulsłaser)-, CO2-, Excimer- und Diodenlaser</li> <li>• Strahlführungs- und -formungssysteme, Lasersystemtechnik für die Strahlbewegung und Strahlkontrolle, Analyse der Lasereigenschaften</li> <li>• Wechselwirkung von Strahlung mit Gewebe, Gewebeeigenschaften</li> <li>• Diagnostik mit Laserstrahlung</li> <li>• Laserbasierte Therapieverfahren in der Dermatologie, Zahnmedizin und Augenheilkunde (Vorlesungen werden von Medizinern gehalten)</li> <li>• Laserverfahren für medizinische Produkte</li> <li>• Lasersicherheit</li> </ul>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p>					
<p>a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch</p>					
<p><b>Prüfungsformen</b></p>					

- |  |
|--|
| • Mündlich 'Lasermedizintechnik' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %) |
|--|

<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>
--

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung
---

<b>Verwendung des Moduls</b>
------------------------------

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• MSc. Maschinenbau</li><li>• MSc. Sales Engineering and Product Management</li></ul> |
|---|

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
--

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
---

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

<p><b>Lasermesstechnik</b> Laser Metrology</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Lasermesstechnik</p>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe		
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p>					
Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf					
a) Dr. Thomas Weigel					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b></p>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>sind die Studierenden in der Lage, die physikalischen Grundlagen der verschiedenen Lasermessverfahren nachzuvollziehen.</li> <li>erwerben die Studierenden das Verständnis der grundlegenden Beschreibung elektromagnetischer Strahlung und sind in der Lage eigenständig Aufgaben rechnerisch zu lösen.</li> <li>haben die Studierenden einen Überblick über die verschiedenen Lasermessverfahren und sind in der Lage, diese hinsichtlich ihres physikalischen Wirkprinzips zu beschreiben und zu vergleichen.</li> <li>erwerben die Studierenden die Fertigkeit, die erworbenen Kenntnisse auf praktische Problemstellungen zu übertragen und zu bewerten.</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b></p>					
<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elemente der Elektrostatik und Elektrodynamik, elektromagnetische Wellen</li> <li>Interferometrie</li> <li>Grundlagen und Anwendungen der Holographie</li> <li>Specklemesstechnik</li> <li>Moire-Technik</li> <li>Abstands- und Konturmessung</li> <li>Optische Geschwindigkeitsmessung, Laser-Doppler-Anemometrie</li> <li>Optische Detektoren</li> </ul>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p>					
a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch					
<p><b>Prüfungsformen</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klausur 'Lasermesstechnik' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, bei Teilnehmerzahlen von weniger als 10 werden mündliche Prüfungen durchgeführt (30 Min))</li> </ul>					
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b></p>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur oder mündliche Prüfung					
<p><b>Verwendung des Moduls</b></p>					
keine Angabe					
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p>					

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Lasertechnik</b> Laser Technology</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Lasertechnik</p>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe	
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf a) Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf</p>					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p>					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden in der Lage die optischen Grundlagen zum Verständnis eines Lasers zu erfassen und</li> <li>• die physikalischen Grundlagen eines Lasersystems zu verstehen.</li> <li>• erwerben die Studierenden einen Überblick über die unterschiedlichen Laserstrahlquellen und sind in der Lage diese hinsichtlich ihres physikalischen Wirkprinzips zu beschreiben und zu vergleichen.</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b> a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende physikalische Beschreibungen der Wechselwirkung von Licht mit Materie</li> <li>• mathematisch-physikalische Beschreibung der Strahlungsbilanz in einem Laser</li> <li>• Wellenoptische Grundlagen</li> <li>• Wirkungsweise optischer Resonatoren</li> <li>• Wirkprinzipien unterschiedlicher Lasertypen (Festkörper-, Faser-, Gas-, Halbleiterlaser)</li> </ul>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b> a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch</p>					
<p><b>Prüfungsformen</b> • Mündlich 'Lasertechnik' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</p>					
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b></p>					
<p><b>Verwendung des Moduls</b> keine Angabe</p>					
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18). DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.</p>					
<p><b>Sonstige Informationen</b></p>					

<b>Luftqualität</b>					
Air Quality					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Luftqualität		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann					
a) Dr.-Ing. Stefan Pollak					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden mit den Fachtermini der Luftqualität und denen der angrenzenden Disziplinen vertraut.</li> <li>• verstehen die Studierenden die technischen Funktionsprinzipien sowohl der Luftreinigung als auch der Messtechnik von Luftschaadstoffen und können diese auf Beispiele anwenden.</li> <li>• sind die Studenten in der Lage, eine Messreihe sinnvoll zu planen, vorzubereiten, auszuführen und die Ergebnisse zu bewerten und darzustellen.</li> <li>• beherrschen die Studierenden das Protokollieren und Aufbereiten von Messergebnissen. Sie können eigene experimentelle Ergebnisse präsentieren und wissenschaftlich diskutieren.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Im Kampf gegen die Umweltverschmutzung stehen die Reinhaltung der Luft und Erhaltung einer guten Luftqualität mehr denn je im Fokus des Interesses. Verschmutzte Luft wirkt sich in vielfältiger Weise auf die menschliche Gesundheit, die Ökosysteme und Materialien aus. Das Seminar „Luftqualität“ soll diese Komplexität an Zusammenhängen darstellen und analysieren. Hierfür wird zunächst das Medium Luft betrachtet und dessen Bedeutung für anderen Disziplinen besprochen. Berechnungen von relevanten Parametern, verschiedene Luftschaadstoffe und Atemgifte werden ebenfalls behandelt. Anschließend werden sowohl medizinische Grundlagen zum Aufbau und Funktion der Lunge als auch Krankheiten, resultierend aus einer vermehrten Exposition mit Luftschaadstoffen, erörtert. Einen Schwerpunkt des Seminars bilden die verschiedenen Arten von Luftfiltern sowie die technischen Aspekte der Luftfilterung an sich. Ergänzt wird das Seminar durch Exkurse z.B. zu Prüfstäuben und Transportprozessen in der Atmosphäre.					
Die Veranstaltung „Luftqualität“ ist in zwei Teile gegliedert:					
<b>Teil 1:</b>					
Die erste Hälfte des Semesters findet im Format einer Vorlesung statt. In diesem Zeitraum wird mit den Studenten ein Thema vereinbart, das in Kleingruppen erarbeitet werden muss. Dieses Thema kann praktische Arbeiten, z.B. das Erfassen von Messwerten, enthalten.					
<b>Teil 2:</b>					

Die zweite Hälfte der Veranstaltung wird als Seminar gestaltet. Die Studierenden präsentieren ihr Forschungsthema und ihre Ergebnisse ihren Kommilitonen. Die Ergebnisse werden anschließend im Plenum wissenschaftlich diskutiert.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

• Mündlich 'Luftqualität' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %, in Form einer Präsentation eines Forschungsthemas im Bereich „Luftqualität“ (Anteil an der Modulnote 100 %))

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

MSC. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**MEMS & Nanotechnologie**

MEMS &amp; Nanotechnology

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) MEMS & Nanotechnologie			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

a) Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Es werden keine formalen Teilnahmevoraussetzungen gemacht. Die Vorlesung baut aber auf Grundlagenvorlesungen im Bereich Werkstoffe und Microengineering auf.

**Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden verstehen die Konzepte, Fertigungsverfahren und kennen die Werkstoffe und Besonderheiten von mikrofluidischen Mikrosystemen und BioMEMS.
- Die Studierenden kennen und verstehen die Konzepte und Fertigungsverfahren von Nanomaterialien und Nanosystemen.
- Sie können Nanoobjekte unterscheiden und können Charakterisierungsmethoden für die unterschiedlichen Nanoobjekte bewerten.
- Sie können Prozessabläufe für die Entwicklung von Mikro- und Nanosystemen entwerfen.
- Im Rahmen der Übungen praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken und übertragen die Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen.

**Inhalte**

a)

Das Modul MEMS & Nanotechnologie vermittelt vertiefte Kenntnisse über den Einsatz von Mikrosystemen in aktuellen Gebieten der Ingenieurtechnik und der biomedizinischen Technik sowie über die Konzepte, Methoden und Werkstoffe der Nanotechnologie.

- Einführung in aktuelle Gebiete der wissenschaftlichen Forschung in unterschiedlichen Bereichen des Micro-Engineering (MEMS, BioMEMS) mit besonderem Blick auf die ingenieurgemäße Umsetzung der Ergebnisse in technische und biomedizinische Anwendungen
- Überblick zu Konzepten und Technologien des Micro-Engineering
- Schnittmengen zwischen Technik und Biologie (Biosensorik, Bionik, Biomimetik)
- Relevante Grundlagen der Biologie und der biomedizinischen Technik
- Konzepte der Nanotechnologie (u.a. "bottom up", "top down")
- Methoden zur Herstellung und Charakterisierung nanoskaliger Systeme
- Nanoskalige Werkstoffe (z.B. Carbon Nanotubes, Nanopartikel)
- Nanostrukturierte Oberflächen (z.B. mittels GLAD hergestellte Nanosäulen)
- Anwendungen aus dem Bereich Nanotechnologie

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'MEMS & Nanotechnologie' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Management und Organisation von Arbeit

Management and Organization of Labour

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	2 Semester	20
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Management und Organisation von Arbeit (Teil a)			a) 2 SWS (30 h) b) 2 SWS (30 h)	a) 60 h b) 30 h	a) jedes WiSe b) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter a) Dr.-Ing. Christopher Prinz b) Dr. Manfred Wannöffel					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Voraussetzung ist die Teilnahme an Teil a und Teil b.					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen Studierende vertiefte ingenieur- und sozialwissenschaftliche Grundlagen im Bereich des Managements und Organisation von Arbeit. Außerdem haben die Studierenden gelernt Informationsbedarfe zu erkennen und wissenschaftliche Informationsquellen herauszusuchen. Des Weiteren kennen Studierende im Bereich der Erwerbstätigkeit, der Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen, des Change-Management, der Führung von Personal und des Lean Managements exemplarisch den Stand ingenieur- und sozialwissenschaftlicher Forschung und können ihn auf betriebliche Situationen übertragen. Auch kennen Studierende betrieblich mitbestimmungspflichtige Aspekte und können die Einhaltung und Anwendung im Unternehmen bewerten. Darüber hinaus können sich Studierende nach dem Modul mit anderen Fachbereichen vernetzen und kritische Inhalte sachlich miteinander diskutieren. Sie können disziplinübergreifende Inhalte aus nicht technischen Bereichen reflektieren und diese verantwortungsbewusst bei den Projektarbeiten in Zusammenarbeit mit den Unternehmen einsetzen. Sie haben durch die Projektarbeiten auch gelernt effektiv und effizient in Teams zu kommunizieren, zu diskutieren und ihre Arbeiten im Anschluss zu präsentieren.					
<b>Inhalte</b> a) Die Wandlungsfähigkeit der Beschäftigten nimmt zunehmend die Rolle einer Schlüsselqualifikation in der Erwerbsarbeit ein. Vor dem Hintergrund sich wandelnder Arbeitsbeziehungen in einer zunehmend komplexeren, globalisierten Arbeitswelt werden Basiskonzepte der Arbeitsbeziehungen vorgestellt. Betriebsverfassung, Tarifvertragswesen und transnationale Arbeitsbeziehungen werden jeweils hinsichtlich ihrer Strukturen, Akteure und zentralen Handlungsfelder erarbeitet. Zudem werden neue Formen von Organisation, Management und Führung aufgezeigt und diskutiert. Es handelt sich um eine praxisorientierte Vorlesung, die gemeinsam von der Fakultät für Sozialwissenschaft, der Gemeinsamen Arbeitsstelle RUB/IGM und dem Lehrstuhl für Produktionssysteme für Studierende des Studiengangs Maschinenbau und SEPM angeboten wird. b)					

Durchführung eines praxisorientierten Projektes in Unternehmen (Diskussionen ausgewählter aktueller Problemfelder mit Arbeitgeber-/Arbeitnehmervertretern).

Die im Rahmen des ersten Teils (Teil a) erarbeiteten Basiskonzepte werden im zweiten Teil anhand praktischer Beispiele - in Form von Diskussionen mit Arbeitgeber- und Arbeitnehmervertretern sowie Betriebsexkursionen und Betriebsprojekten - konkretisiert, veranschaulicht und vertieft. Hierzu muss über das SoSe eine 25 seitige Hausarbeit angefertigt sowie eine Abschlusspräsentation gehalten werden.

**Lehrformen / Sprache**

- a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (1 SWS) / Deutsch
- b) Projekt / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Hausarbeit 'Management und Organisation von Arbeit (Teil b)' (3 Mon., Anteil der Modulnote 100 %)
- Klausur 'Management und Organisation von Arbeit (Teil a)' (60 Min., Anteil der Modulnote 0 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Klausur (Teil a)
- Bestandene Modulabschlussprüfung: Hausarbeit (Teil b)

**Verwendung des Moduls**

Das Modul ist als interdisziplinäres Modul sowohl in den Ingenieurwissenschaften als auch Sozialwissenschaften wählbar.

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Maschinen für die Energiewende**

Machines for the Energy Transition

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	3 LP	90 h	8 Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Maschinen für die Energiewende			a) 2 SWS (30 h)	a) 60 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Francesca di Mare a) Dr.-Ing. Thomas Polklaas					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Turbomaschinen, Thermodynamik, Energiewirtschaft					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach Teilnahme an dem Modul kennen die Studierenden den Status der Energiewende in Deutschland / Europa / Weltweit.					
Sie verstehen die komplexen Zusammenhänge zwischen volatiler Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und dem kontinuierlichen Bedarf von industriellen Prozessen und können diese interpretieren.					
Die Studierenden erkennen Schlüsselkomponenten in industriellen Prozessen und können Problemstellungen fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen.					
Sie haben die Fähigkeit zu kritischem, konstruktivem und vernetztem Denken erweitert und können etablierte und innovative Methoden auswählen und einsetzen.					
<b>Inhalte</b>					
a) Die Vorlesung vermittelt einen anwendungsorientierten Überblick über den Einsatz von Turbomaschinen in einer defossilisierten Industrie und Energieversorgung.					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbomaschinen in Energiespeicher-Systemen</li> <li>• Turbomaschinen in Industrieprozessen für CO2-Nutzung</li> <li>• Verdichter für CCS und CCU-Anwendungen</li> <li>• Power-to-X Anwendungen</li> <li>• Wasserstoff als Energieträger und Strömungsmedium in Turbomaschinen</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'Klausur' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Ab einer Teilnehmerzahl <= 10 kann die Prüfung mündlich durchgeführt werden)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
keine Angabe					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Masterarbeit**

Master Thesis

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	30 LP	900 h	3. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Masterarbeit				a) 900 h	a) jedes Sem.

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Kilzer

a) Prof. Dr.-Ing. Andreas Kilzer

**Teilnahmevoraussetzungen**

Pflicht-, Wahlpflicht und Wahlmodule im Umfang von mindestens 50 LP (maximal 40 LP fehlen noch für einen erfolgreichen Studienabschluss) aus dem Master-Studiengang und ggf. bei der Zulassung erteilte Auflagen müssen bestanden sein.

**Lernziele/Kompetenzen**

Die Masterarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin bzw. der Kandidat in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein anspruchsvolles Problem des Maschinenbaus selbstständig mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.

Die Masterarbeit verfolgt die folgenden übergeordneten Zielsetzungen:

- Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung.
- Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften/des Maschinenbaus und kennen Anwendungsbeispiele.
- Die Studierenden können komplexe ingenieurtechnische Probleme (ggf. fachübergreifend) modellieren und lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.
- Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete maschinenbauliche/ingenieurwissenschaftliche Problemstellungen übertragen.
- Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.
- Die Studierenden verfügen über erweiterte ausbildungsrelevante Sozialkompetenzen, mit besonderem Fokus auf Selbstständigkeit und Eigeninitiative

**Inhalte**

a)

Verschiedene Themenstellungen aus dem Master-Studium, typischerweise in Anlehnung an den gewählten Schwerpunkt bzw. an die Forschungsgebiete der betreuenden Hochschullehrerin bzw. des betreuenden Hochschullehrers. Aufgabenstellungen werden stets von Hochschullehrern formuliert und sollen den wissenschaftlichen Anspruch des Studiums widerspiegeln; ggf. können Themenvorschläge von Studierenden berücksichtigt werden. Bearbeitet werden können sowohl theoretische als auch experimentelle Aufgaben.

**Lehrformen / Sprache**

a) Abschlussarbeit / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Abschlussarbeit 'Masterarbeit' (900 Std., Anteil der Modulnote 100 %)
- Zwischen- oder Abschlusspräsentation (ca. 30 Minuten)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Abschlussarbeit
- Bestandene Zwischen- oder Abschlusspräsentation

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 30 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Die Masterarbeit kann auch in englischer Sprache verfasst werden.

## Materials for Aerospace Applications

Materials for Aerospace Applications

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Materials for Aerospace Applications		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch

a) Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: recommended are basics in materials science and solid mechanics and english skills B1

### Lernziele/Kompetenzen

After successful completion of the module students can

- recapitulate which high performance materials and material systems are used for aerospace applications, how they are manufactured, and which microscopic mechanisms control their properties
- explain and apply procedures for selecting and developing material systems for aerospace components, considering the specific requirements
- decide which characterization and test methods to apply for qualifying materials and joints for aerospace applications and know how lifetime assessment concepts work
- draft work flows from data acquisition to certification of aerospace components
- communicate, using technical terms in the field of aerospace engineering in English

### Inhalte

a)

The substantial requirements on materials for aerospace applications are „light and reliable“, in most cases for extreme service conditions. Therefore, specially designed materials and material systems are in use.

Manufacturing technologies and characterization methods for qualifying materials and joints for aerospace applications will be discussed. Topics are:

- loading conditions for components of air- and space crafts (structures and engines)
- selecting and developing materials and material systems for service conditions in aerospace applications (e.g. aero-engines, rocket engines, thermal protection shields for reentry vehicles, light weight structures for airframes, wings, and satellites)
- degradation and damage mechanisms of aerospace material systems in service
- characterization and testing of materials and joints for aerospace applications
- concepts and methods for lifetime assessment
- data handling from acquisition to certification of aerospace components

### Lehrformen / Sprache

a) Vorlesung mit Übung / Englisch / Deutsch

### Prüfungsformen

- Klausur 'Materials for Aerospace Applications' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

script in English, additional literature announced during lecture

**Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen**

Mechanical Properties of Small Scale Systems

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	3 LP	90 h	8. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen			a) 2 SWS (30 h)	a) 60 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

a) Prof. Gerhard Dehm

**Teilnahmevoraussetzungen****Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden kennen den Bereich der mikro- und nanoskaligen Werkstoffe, das entsprechende Fachvokabular, exemplarisch den Stand moderner Forschung und kennen modernste Methoden und Verfahren und Anwendungsbeispiele.
- Die Studierenden können komplexe Problemstellungen in physikalischen Systemen (ggf. fachübergreifend) mit geeigneten Methoden lösen.
- Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.
- Die Studierenden praktizieren somit wissenschaftliches Lernen und Denken.
- Die Studierenden können hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.
- Die Studierenden haben vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden. Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.

**Inhalte**

a)

Das Werkstoffspektrum umfasst sowohl Materialien mit kleinem Materialvolumen (z.B. dünne Schichten), aber auch Massivmaterialien mit kleinen Korngrößen (z.B. nanokristalline Werkstoffe). Zuerst wird kurz auf die Herstellung und Charakterisierung mikro- und nanoskaliger Werkstoffe eingegangen. Anschließend werden ausführlich die Ursachen für Spannungen in Schichten vermittelt, Methoden zur Messung von Spannungen in Schichten vorgestellt und die entsprechenden Verformungsmechanismen (Versetzungsplastizität, Zwillingsbildung, eingeengtes Diffusionskriechen) besprochen. Die weiteren Inhalte befassen sich mit den Konzepten zur Festigkeitssteigerung und Erhöhung der Bruchfestigkeit von dünnen Schichten und mikro- und nanoskaligen Werkstoffen. Mechanische Größeneffekte hinsichtlich der Fließspannung, der Festigkeit, des Bruch- und des Ermüdungsverhalten werden vorgestellt und auf geometrische und mikrostrukturelle Einengungseffekte zurückgeführt.

**Lehrformen / Sprache**

a) Blockseminar / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>
--

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

<b>Verwendung des Moduls</b>
------------------------------

keine Angabe

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

**Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision**

Microstructure Informatics: Digital Microscopy and Computer Vision

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	2 LP	60 h	9. Sem.	1 Semester	0
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision			a) 2 SWS (30 h)	a) 30 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler					
a) Dr.-Ing. Pascal Thome					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden haben ein grundlegendes Verständnis über die Funktionsweise gängiger Mikroskopieverfahren (Fokus: Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie) erlangt und sind in der Lage verschiedene Kontrastarten zu interpretieren.</li> <li>Die Studierenden kennen grundlegende Methoden der Stereologie und Morphometrie und sind in der Lage diese Prinzipien für Gefügeaufnahmen anzuwenden.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage eigene Algorithmen zu entwickeln, um relevante Kenngrößen aus Mikrostrukturaufnahmen mittels klassischer Methoden automatisiert zu extrahieren.</li> <li>Die Studierenden erhalten einen Einblick in die modernen Methoden der Computer Vision Technologie bezüglich Machine Learning, Deep Learning, Künstliche Intelligenz und künstliche neuronale Netze.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage geeignete Trainingsdatensätze zu generieren, um moderne Machine-Learning Verfahren so zu trainieren, dass sie relevante Objekte der Mikrostruktur detektieren können.</li> <li>Die Studierenden erlangen ein vertieftes Verständnis über die orientierungsabbildende Mikroskopie (OIM, EBSD) und können den Informationsgehalt solcher Datensätze interpretieren.</li> <li>Die Studierenden können verschiedene Parameter aus EBSD Datensätzen extrahieren und visualisieren.</li> <li>Die Studierenden bekommen einen Überblick über fortschrittliche Ansätze der EBSD Methodik (z.B. HR-EBSD) und verstehen, welche neuen Analysemöglichkeiten dadurch erschlossen werden können.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<p>Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der Materialwissenschaft stellt die Mikrostruktur eine der wichtigsten Quellen für den Erkenntnisgewinn dar. Mikroskopieverfahren gehören somit zu den relevantesten Analysemethoden der Werkstoffwissenschaft. Die Funktionsweisen und Fähigkeiten der Mikroskope haben sich im Laufe der Zeit drastisch weiterentwickelt. Aktuelle Mikroskope arbeiten vollständig digital. Die digitalen Daten können nun algorithmisch ausgewertet werden, um tiefliegende Eigenschaften der Mikrostruktur quantitativ zu erfassen. Klassische Bildfilter, wie z.B. Bildglättung, Frequenzfilter, Kantendetektion, Binarisierung, etc. ermöglichen eine automatische Gefügecharakterisierung für einfachere Anwendungsfälle. Schwierigere Anwendungsfälle können</p>					

heute mit modernen Methoden der Computer Vision Technologie (Machine Learning, Neuronale Netze) bearbeitet werden. Den Studierenden wird die Funktionsweise moderner Mikroskope nähergebracht. Anhand praxisnaher Beispiele und Übungen sammeln die Studierenden Erfahrungen zur automatischen Gefügeanalyse. Ein konkretes Anwendungsbeispiel soll von den Studierenden selbst erarbeitet und im Rahmen der Prüfung präsentiert werden. Ein anderer Bereich der modernen Gefügecharakterisierung stellt die quantitative Mikroskopie dar, so z.B. die orientierungsabbildende Mikroskopie (EBSD). Dabei werden hochdimensionale Datensätze generiert, die auf vielfache Weise weitergehend untersucht werden können. Die Studierenden lernen die Funktionsweise der EBSD-Methodik und erlangen außerdem ein tiefgreifendes Verständnis über den Aufbau der dabei erzeugen Daten und erlernen Möglichkeiten, diese selbstständig weitergehend zu analysieren.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Präsentation: Vorstellung des Anwendungsbeispiels, 15 Min

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 2 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Vorlesungsbegleitende Literatur wird bekannt gegeben

**Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme**

Mathematical Modelling and Design of Dynamic Systems

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann a) Dr.-Ing. S. Leonow					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Vorherige erfolgreiche Teilnahme an den regelungstechnischen Fächern des BSC Maschinenbau (Grundlagen der Regelungstechnik und Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik) wird empfohlen.					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>können die Studierenden Systeme klassifizieren, Teilsysteme ableiten und optimale Systemgrenzen und -schnittstellen für die Ableitung von Modellen konstruieren.</li> <li>können die Studierenden analytisch deduktive, dynamische Modelle (white-box-Modelle) mechanischer, thermodynamischer, fluiddynamischer und elektrischer Systeme unter Nutzung aktueller Methoden und Erkenntnisse entwickeln und verifizieren. Die Studierenden können Entwurfs- und Auswahlkriterien für den fachübergreifenden Systementwurf erstellen und Analogien zwischen den Teilbereichen ableiten.</li> <li>können die Studierenden empirisch induktive Modellierungsmethoden (black-box Modelle) an konkreten Beispielen anwenden, prüfen und verifizieren.</li> <li>können die Studierenden numerische Lösungsmethoden für Differentialgleichungen auswählen und neue Methoden erarbeiten, sowie die Analogrechnerlösung eines Systems erstellen, numerische Stabilität prüfen und numerische Fehler bewerten.</li> <li>sind die Studierenden in der Lage, Zustandsbeobachter und Parameterschätzer zu entwerfen und deren Genauigkeit zu bewerten.</li> <li>verfügen die Studierenden über die Fähigkeit zu vernetztem und wissenschaftlichem Denken, so dass sie dieses auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen und kompetent hierzu (auch in englischer Sprache) kommunizieren können.</li> <li>sind die Studierenden in der Lage, sich selbst in ihrem Lernprozess zu organisieren, digitale Medien für ihr Studium zu nutzen und sich mit Arbeitsgruppen (auch digital) zu vernetzen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Veranstaltung basiert auf den Kenntnissen des Bachelorstudiums, insbesondere aus den Bereichen Mechanik, Thermo- und Fluiddynamik, Elektrotechnik, Mathematik und Regelungstechnik. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wiederholung mathematischer Grundlagen zur Modellierung und Systembeschreibung, wie Differential- und Differenzengleichungen und der Zustandsraumdarstellung.</li> </ul>					

- Systemkategorisierung, (nicht)lineare zeit(in)variante (zeitdiskrete) Systeme
- Stabilität linearer und nichtlinearer Systeme, globale und lokale Stabilitätskriterien, Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit
- Analytisch deduktive, dynamische Modellierung mechanischer, thermodynamischer, fluidodynamischer und elektrischer Systeme unter Nutzung aktueller Methoden und Erkenntnisse. Entwurfs- und Auswahlkriterien für den fachübergreifenden Systementwurf
- Empirisch induktive Modellierungsmethoden (black-box Modelle) und deren Anwendung an konkreten Beispielen
- Numerische Lösungsmethoden für Differentialgleichungen und deren Anwendung an konkreten Beispielen, Analogrechnermethode, numerische Stabilität und numerische Fehler
- Beobachtung und Schätzung von Zuständen und Parametern, Kalman-Filter
- Analytische und empirische Auslegung von klassischen PID-Reglern und Zustandsreglern
- Synthese- und Analysemethoden für advanced-control Probleme und Mehrgrößenregelungen, Entkopplung, Smith-Prädiktor
- Praktische Erprobung exemplarischer Methoden am realen System

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Multiscale Mechanics of Materials

Multiscale Mechanics of Materials

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Multiscale Mechanics of Materials			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. Alexander Hartmaier

a) Dr. Rebecca Janisch

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

### Lernziele/Kompetenzen

Students possess a fundamental understanding of the multiscale nature of the mechanical behaviour of materials and of the different approaches to take this into account in mechanical modelling of microstructures. They can identify the relevant length- and timescales of the microscopic processes that lead to meso-/macroscopic structure-property relationships. The students understand the principles of effective theory construction, coarse graining and homogenisation methods, and they can apply them to identify, analyse and model multiscale problems, such as plastic deformation, hardening behaviour, and fracture of microstructures. They are familiar with state of the art numerical and theoretical scale-bridging modelling methods. They can apply numerical tools on different length scales, and understand the underlying principles (atomistic modelling, discrete dislocation dynamics, crystal and continuum plasticity). Finally, students build up the skill to independently develop scale- bridging models that integrate all necessary scales and employ these models to describe and predict mechanical properties of materials under given conditions.

### Inhalte

a)

- Introduction to problems in materials mechanics that involve multiple length and time scales
- Overview on concepts of concurrent and hierarchical multiscale modeling of materials
- Principles of effective theory construction and its realisability in numerical modeling (extracting and passing information in hierarchical models); coarse graining and homogenisation
- Bridging scales in plasticity
- Bridging scales in fracture
- Numerical models and technical aspects of hierarchical multiscale simulations (atomistic modeling, discrete dislocation dynamics, continuum and crystal plasticity)

### Lehrformen / Sprache

a) Übung / Seminar / Englisch / Deutsch

### Prüfungsformen

- Klausur 'Multiscale Mechanics of Materials' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, oder mündliche Prüfung (30 Min., wird zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt))

### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung oder Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Materials Science and Simulation

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen**

New Materials for Batteries, Fuel Cells and Electrolysis Cells

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	3 LP	90 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen		a) 2 SWS (30 h)		a) 60 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber

a) Apl.-Prof. Dr. Martin Bram

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls besitzen die Studierenden folgende fachspezifische/inhaltliche Kompetenzen:

- Die Studierenden kennen den üblichen Schichtaufbau elektrochemischer Energiespeicher und elektrochemischer Energiewandler und haben ein Grundverständnis der ablaufenden elektrochemischen Reaktionen sowie des komplexen Anforderungsprofils an die Werkstoffe
- Die Studierenden kennen die in diesen Systemen eingesetzten keramischen, metallischen und organischen Werkstoffe und verstehen wie durch geeignetes Werkstoffprocessing die funktionellen Eigenschaften gezielt eingestellt werden können
- Die Studierenden besitzen ein Grundverständnis, welche Chancen die Digitalisierung für die Entwicklung und Charakterisierung komplexer Werkstoffsysteme bietet.

fachübergreifende/generische Kompetenzen:

- Die Studierenden können die globale Bedeutung von elektrochemischen Energiespeichern und elektrochemischen Energiewandlern für die Energiewende bewerten.
- Die Studierenden verdeutlichen durch einen Fachvortrag zu einem energiespezifischen Thema ihre kommunikative Kompetenz.

**Inhalte**

a)

Grundlegende Einordnung der Rolle elektrochemischer Energiespeicher und elektrochemischer Energiewandler in zukunftsfähigen Energiekonzepten

Aufbau elektrochemischer Zellen: Anode – Elektrolyt – Kathode, Triebkraft für spontane (galvanische Zellen) und nicht spontane Reaktionen (Elektrolyse-Zellen)

Grundlagen der elektronischen und ionischen Leitfähigkeit in Festkörpern und Flüssigkeiten

Generelle Übersicht Materialsynthese und Herstellungsverfahren für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen (pulvertechnologische Routen, Gasphasenprozesse, allgemeine Fertigungstechnik)

Batterien: Werkstoffkonzepte für Batterien (klassische Batterien, Redox-Flow, Li-Ionen, Na-Ionen...),

Fertigung von Batterien, elektrochemische Reaktionen, Degradation, Anwendungen, Status der Umsetzung und Ausblick

Brennstoff- und Elektrolysezellen: Werkstoffkonzepte für Nieder- und Hochtemperaturanwendungen mit Flüssig-Elektrolyt, Polymer-Elektrolyt, und Festoxidelektrolyt (u.a. PEM, SOFC/SOEC,...), Fertigung der Zellen, elektrochemische Reaktionen, Degradationsmechanismen, Anwendungen, Status der Umsetzung und Ausblick

**Lehrformen / Sprache**

a) Blockseminar / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Bei mehr als 10 Teilnehmern Modulabschlussklausur / 90 min (Anteil Modulnote 100 %))

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur
- Vortrag zu einem energiespezifischen Thema

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Numerische Gasdynamik für Antriebs- und Energiesysteme**

Numerical Gas Dynamics for Propulsion and Energy

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Numerische Gasdynamik für Antrieb- und Energiesysteme		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr. Francesca di Mare

a) Prof. Dr. Francesca di Mare

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Empfohlene Voraussetzungen für eine erfolgreiche Teilnahme am Modul sind fundierte Kenntnisse der Gasdynamik, Thermodynamik, Numerische Mathematik und Strömungslehre

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls beherrschen die Studierenden alle theoretischen und numerischen Werkzeuge, um das mathematische Modell eines kompressiblen Gasgemisches abzuleiten und zu analysieren. Weiterhin verstehen die Studierenden, wie ein Strömungssimulationsprogramm für kompressible Medien konstruiert werden kann. Insbesondere:

- Die Studierenden verstehen die physikalischen Grundlagen und können diese mathematisch umsetzen
- Die Studierenden identifizieren die relevanten Aspekte einer kompressiblen Strömung und sind in der Lage, selbstständig Annahmen zur Vereinfachung der mathematischen Modelle zu treffen
- Die Studierenden können logisch und strukturiert die mathematischen Modelle in einem artikulierten Computerprogramm umsetzen
- Die Studierenden bewerten die Leistung (Schnelligkeit und Genauigkeit) des Programmes und beurteilen kritisch die Korrektheit der numerischen Lösung
- Die Studierenden entwerfen selbstständig Verfahren zur Überprüfung der numerischen Ergebnisse
- Die Studierenden können einen Optimierungsworkflow verstehen, analysieren und eigenhändig erstellen
- Die Studierenden lernen, wie sie organisiert in Teams zusammenarbeiten und sich austauschen (Übungen und Lerngruppe)

**Inhalte**

a)

- Auffrischung der Grundlagen der Strömungsmechanik, Gasdynamik und Thermodynamik

- Ableitung der Erhaltungsgleichungen (Masse, Impuls, Energie) in Differentialform
- Varianten der Energiegleichungen
- Dimensionslose Form der Erhaltungsgleichungen
- Euler und Navier-Stokes Gleichungen

- Klassifizierung der Erhaltungsgleichung (elliptisch, hyperbolisch, parabolisch)

- Definition der totalen Größen

- Thermische und kalorische Zustandsgleichungen und thermodynamische Beziehungen

- Zustandsvariablen
- Variablentransformation und Jacobi-Matrix
- Schwache Formulierung der Erhaltungsgleichungen: Diskontinuitäten
  - Beispiel: Advektionsgleichung
- Grundlage der räumlichen und zeitlichen Diskretisierung für hyperbolische Probleme
- Numerische Behandlung der Diskontinuitäten anhand der Advektionsgleichung
  - Verschiedene Schemata und Formulierungen (Roe, Lax-Wendroff, u.a.)
- Numerische Behandlung der 1-D Euler Gleichungen
  - Ideal Gas Modell
  - Thermisch-perfektes Gas Modell
- Randbedingungen
- Theoretische Formulierung und Implementierung
- Stabilität und Fehler Analyse

**Lehrformen / Sprache**

- a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Numerische Gasdynamik für Antrieb- und Energiesysteme' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Ab einer Teilnehmerzahl kleiner 5 kann die Prüfung auch mündlich durchgeführt werden.)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

MSc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Die Vorlesungsskripte werden auf Englisch zur Verfügung gestellt.

**Offroad Maschinen: Systemanalyse**

System-Analysis of Construction Machines

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Offroad Maschinen: Systemanalyse			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. J. Scholten

a) Prof. Dr.-Ing. Sebastian Bauer, Prof. Dr.-Ing. A. Katterfeld

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- sind die Studierenden in der Lage für komplexe Maschinen und anwendungstechnische Zusammenhänge Modelle des Gesamtsystems u.a. unter Berücksichtigung hydraulischer Antriebssysteme und maßgeblicher Komponenten des Tragwerks zu entwickeln und hiermit systematisch neue Erkenntnisse und Lösungen für interdisziplinäre Problemstellungen bezüglich des Systemverhaltens zu erarbeiten.
- können die Studierenden zur Entwicklung von Interaktionsmodellen zwischen Maschinen und Einsatzumgebung Modelle für praxisnahe Anwendungsfälle auf Basis bekannter ingenieurwissenschaftlicher Methoden ableiten um Lastannahmen und Randbedingungen für die Systemauslegung herzuleiten, ggf. erforderliche Vereinfachungen abzuschätzen, Ergebnisse erweiterter Methoden wie der DEM kritisch zu bewerten und diese Modelle mithilfe von Daten aus der Anwendung und Forschung zu verifizieren.
- sind die Studierenden befähigt ein schwingungstechnisches Systemverständnis zu erarbeiten und so beispielsweise Maschinen hinsichtlich Geräuschanregung, -übertragung und –abstrahlung akustisch zu bewerten und mögliche Optimierungspotenziale zu identifizieren.
- sind die Studierenden fähig selbstständig und im Team komplexe interdisziplinäre Problemstellungen und Lösungen auf Basis der erworbenen methodischen und systemorientierten Kenntnisse zu strukturieren, diese zu präsentieren und konstruktiv zu diskutieren.

**Inhalte**

a)

Ausgehend von gemeinsam durchgeführten Messungen des dynamischen Verhaltens einer Verdichtungsmaschine in Interaktion mit dem Boden werden Modellannahmen und Randbedingungen zur Abbildung des Systemverhaltens erarbeitet. Die Erweiterung der Betrachtungen auf den deutlich komplexeren Anwendungsfall eines Tiefenrüttlers dient zur Vertiefung und Anwendung der erarbeiteten Fähigkeiten und werden durch die Diskussion der Ergebnisse einer experimentellen Modell-Verifikation abgerundet. Die Modellparameter des Teilsystems Boden werden in einem nächsten Schritt in Verbindung mit bodenmechanischen Kennwerten gebracht, so dass auf dieser Grundlage exemplarisch ein maschineller Grabvorgang abgebildet und mittels eines Grabkraftmodells konkrete Lastmodelle entwickelt werden können. Ein Exkurs in die Simulationstechnik der diskreten Elemente (DEM) zeigt die auf den vermittelten Grundlagen aufbauenden Potentiale der Partikelsimulation und gekoppelter

Simulationsansätze (MKS-FEM-DEM-CFD) auf. Im nächsten Schritt wird aufbauend auf analytischen bzw. numerisch gestützten Lastmodellen eine generelle Struktur für Festigkeits- und Stabilitätsnachweise komplexer Tragwerkstrukturen eingeführt. Dabei werden Aspekte, wie die Systematisierung und Kombination auslegungsrelevanter Lastannahmen, die Berücksichtigung dynamischer Lastanteile, unterschiedliche Sicherheitskonzepte, die realitätsnahe Beanspruchungsermittlung und die anwendungsbezogene Quantifizierung der Beanspruchbarkeit vertieft. Ein Blick auf Struktur und Auslegung hydraulischer Antriebssysteme rundet den Systemgedanken schließlich ab und thematisiert anwendungsorientierte Aspekte, wie Verluste und Wirkungsgrade, Leistungssteuerung (LUDV, load sensing) aber auch Pulsationsanregung und Schallemission an konkreten Beispielen. Aufgrund des ausgeprägten Systemcharakters und der praktischen Relevanz wird der letztgenannte Aspekt vertiefend aufgegriffen und maschinenakustische Grundlagen und darauf aufbauende Ansätze und Methoden zur Erarbeitung eines akustischen Systemverständnisses vermittelt.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Exkursion / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Offroad Maschinen: Systemanalyse' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Plastizität und Materialschädigung**

Plasticity and Damage

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Plastizität und Materialschädigung		a) 4 SWS (60 h)	a) 0 h	a) jedes SoSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani					
a) Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: Kontinuumsmechanik, Einführung in die Materialmodellierung					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Die Studierenden					
<ul style="list-style-type: none"> <li>leiten die mathematischen Gleichungen zur Beschreibung des elastisch-plastischen Materialverhaltens im Rahmen einer geometrisch linearen Beschreibung her</li> <li>können Entfestigungsprozesse mittels phänomenologischer Schädigungsmodelle mathematisch beschreiben</li> <li>leiten die algorithmische Umsetzung im Rahmen der FEM ab</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontinuumsmechanische und thermodynamische Grundlagen</li> <li>Konzept der internen Variablen und die zugeordnete Dissipation</li> <li>Elasto-plastische Stoffgesetze (Fließfunktion, Fließregel, Versagenshypthesen)</li> <li>Algorithmische Implementierung elasto-plastischer Stoffgesetze</li> <li>Aspekte der Materialschädigung</li> <li>Kontinuumsmechanische Schädigungsmodelle</li> <li>Algorithmische Umsetzung der Schädigungsmodelle</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klausur 'Plastizität und Materialschädigung' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, oder mündliche Prüfung (30 Minuten, Anteil an Modulnote 100%) (Die Prüfungsform wird je nach Teilnehmerzahl am Anfang eines jeden Semesters festgelegt)</li> </ul>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur bzw. mündliche Prüfung</li> </ul>					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>MSc Bauingenieurwesen</li> <li>MSc Maschinenbau</li> </ul>					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					
Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV					
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).					

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

## Polymer Process Engineering

Polymer Process Engineering

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	30
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Polymer Process Engineering		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann

a) Jun.-Prof. S. Frerich

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Ein erfolgreicher, vorheriger Besuch der Veranstaltung Wärme- und Stoffübertragung wird empfohlen.

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- beherrschen die Studierenden das englische Fachvokabular in vertiefter Form und wenden es in Diskussionen an, um ihren Standpunkt zu verteidigen.
- sind die Studierenden in der Lage, ingenieurtechnische Fragestellungen und Informationsquellen zu identifizieren und zu beschaffen sowie Daten zu bewerten.
- sind die Studierenden fähig, Ergebnisse der Analyse komplexer Systeme kritisch zu hinterfragen und hieraus Schlüsse für Bewertungen, Eingriffe und Weiterentwicklungen zu ziehen.
- reflektieren die Studierenden auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieurtätigkeit systematisch und beziehen sie in ihr Handeln verantwortungsbewusst ein.
- übertragen die Studierenden die gewonnenen Erkenntnisse und Fertigkeiten sowohl auf konkrete ingenieurwissenschaftliche als auch auf fachlich angrenzende Problemstellungen.
- entwickeln die Studierenden im interdisziplinären Zusammenhang der Fächer Wärme- und Stoffübertragung, Verfahrenstechnik und Materialwissenschaft neue Forschungsansätze.

### Inhalte

a)

### Inhalte

The class "Polymer Process Engineering" contemplates different approaches on characterization and mathematical description of polymeric materials. In addition to various manufacturing technologies, the corresponding applications of polymers are discussed. Much attention will be given to transport phenomena of mass, momentum and energy, as these mechanisms are important for the technical implementation of these materials.

The international perspective of this class enables the participants to reflect their knowledge in varying background settings. They are aware of an engineer's responsibility for social developments and able to solve respective tasks individually and as a team.

Die Veranstaltung „Polymer Process Engineering“ betrachtet verschiedene Ansätze zur Charakterisierung und mathematischen Beschreibung von polymeren Systemen. Neben unterschiedlichen Herstellverfahren werden auch die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzgebiete behandelt. Die Durchführung von Berechnungen zur Bestimmung von Wärme- und Stofftransportmechanismen runden die Veranstaltung ab.

Die internationale Ausrichtung der Veranstaltung ermöglicht es den Studierenden, ihre Kenntnisse mit besonderer internationaler Perspektive zu reflektieren und sie auf verschiedene Praxis- und Berufsfelder anzuwenden. Sie sind sich der Verantwortung eines Ingenieurs für die gesellschaftliche Weiterentwicklung bewusst und können entsprechende Aufgaben effizient als Individuum und im Team lösen.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Polymer Process Engineering' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Studienbegleitende Aufgaben: Übungsaufgabe zur Vorbereitung auf die Modulabschlussprüfung (20h, Bearbeitungszeit 2 Wochen, Abgabefrist wird am Anfang des Semesters bekannt gegeben)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung
- Bestandene studienbegleitende Aufgaben

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Process Design

Process Design

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	3 LP	90 h	8. Sem.	Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Process Design			a) 3 SWS (45 h)	a) 45 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald

a) Dr. Helmut Mothes

### Teilnahmevoraussetzungen

#### Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden kennen im Bereich des Process Designs modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften / des Maschinenbaus und kennen Anwendungsbeispiele zu:

- Methoden zur Prozessgestaltung anhand industriell relevanter Beispiele kennenlernen,
- diese Methoden in aktuellen Problemen unter Berücksichtigung der Randbedingungen von Prozessintegration und -intensivierung identifizieren,
- in der Lage sein, sog. „no regret-solutions“, also Prozessgestaltungen, die auf eine optimale Performance statt auf eine optimale apparative Auslegung abzielen, für verschiedene Prozessbeispiele zu entwickeln,
- Die Studierenden können entsprechende Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.

#### Inhalte

a)

Hochtechnologische Werkstoffe, Agrar-Chemikalien und Pharmazeutika sind essentiell, um einer wachsenden Weltbevölkerung Nahrung, Gesundheitsvorsorge und Konsumgüter zur Verfügung zu stellen. Es ist die grundlegende Aufgabe des Prozessdesigns, chemische Prozesse zu entwerfen und auszulegen, welche Rohmaterialien in die o.g. Produkte umwandeln. Der Prozessentwurf wird in späteren Entwicklungsstufen als Grundlage für das Detail Engineering und schlussendlich die Konstruktion der Chemieanlage herangezogen.

In der Vergangenheit konnten detaillierte Geschäftspläne die Angebots- und Nachfrageseite, Rohstoff- und Energieversorgung und Konkurrenzsituationen über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts verlässlich vorhersagen. Heutzutage wird in einer komplexer werdenden Welt die Fähigkeit, Prozesse flexibel an sich ändernde Randbedingungen anpassen zu können, zu einem wichtigen, zusätzlichen Kriterium. Zu den sich ändernden Randbedingungen gehören beispielsweise unerwartete und plötzliche Änderungen in der Rohstoffversorgung oder der Nachfrage. Das neue, übergeordnete Ziel der Prozessdesigns liegt daher nun in der Entwicklung sog. „no-regret-solutions“, also auf Prozessgestaltungen, die auf eine optimale Performance in diversen Zukunftsszenarien statt auf eine optimale apparative Auslegung abzielen.

Im Rahmen der Lehrveranstaltung werden die wesentlichen methodischen Aspekte thematisiert, die zur Entwicklung von robusten, ökologisch und ökonomisch nachhaltigen

Prozessdesigns führen. Die Vertiefung der gelernten Ansätze erfolgt durch die ausführliche Diskussion verschiedener Beispiele von industrieller Relevanz.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Process Design' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Product Lifecycle Management

Product Lifecycle Management (PLM)

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>		
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>		
a) Product Lifecycle Management (PLM)		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes SoSe		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>							
Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard							
a) Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard							
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>							
Empfohlene Vorkenntnisse: keine							
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>							
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls							
<ul style="list-style-type: none"> <li>verfügen Studierende über ein breites, integriertes Wissen über die Herausforderungen des ganzheitlichen Informationsmanagements im Produktlebenszyklus und die resultierenden Anforderungen an Softwaresysteme zur Unterstützung von PLM.</li> <li>kennen und verstehen Studierende die Teilprozesse des Produktlebenszyklus', die Methoden des Product Lifecycle Management (PLM) sowie die wissenschaftlichen Grundlagen der zugrundeliegenden IT-Systeme. Indem sie praktische Beispiele und Aufgaben mit entsprechender Anwendungssoftware bearbeiten, können sie die erlernten Fertigkeiten im Umgang mit PLM Software auf konkrete und praxisorientierte PLM Problemstellungen übertragen.</li> <li>haben Studierende ein umfassendes Verständnis vom Zusammenwirken der PLM Softwaresysteme und können kritisch die Eignung von Methoden zum Objektmanagement, zum Produktstruktur- und Konfigurationsmanagement sowie zum Projekt- und Prozessmanagement differenzieren und beurteilen.</li> <li>können Studierende prozessorientiert an PLM Aufgabenstellungen herangehen, diese reflektieren und bewerten sowie selbstgesteuert verfolgen.</li> <li>können Studierende kooperativ PLM-Aufgabenstellungen in heterogenen Gruppen bearbeiten, Abläufe und Ergebnisse begründen sowie über Sachverhalte umfassend kommunizieren.</li> </ul>							
<b>Inhalte</b>							
a)							
Das Modul vermittelt Methoden und Werkzeuge zum Product Lifecycle Management (PLM), insbesondere das dazu erforderliche Grundlagenwissen und die relevanten methodischen Aspekte von Produktinnovationsprozessen. Schwerpunkte bilden dabei die verschiedenen PLM-Funktionen entsprechender Softwaresysteme (z.B. Teile-, Dokumenten- und Produktstrukturmanagement, Klassifizierung, Konfigurationsmanagement, Projekt- und Prozessmanagement) Weiterhin werden allgemeine Methoden zur Organisation und Handhabung von Produktdaten und Benutzerinformationen sowie Methoden des Collaborative Engineerings und die Vorgehensweise bei der PLM-Einführung vermittelt.							
<b>Lehrformen / Sprache</b>							
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch							
<b>Prüfungsformen</b>							

- Klausur 'Modulabschlussprüfung: Product Lifecycle Management' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Studienbegleitende Aufgaben: Hausarbeiten (Sofern die Hausarbeiten vor der Modulabschlussprüfung absolviert werden, sind optional Bonuspunkte für die Klausur möglich) (Umfang und Abgabefristen wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
- Bestandene studienbegleitende Aufgaben: Hausarbeiten (Umfang und Abgabefristen wird am Anfang des Semesters bekanntgegeben)

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme**

Product-Development of Mechatronic Drive Systems

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Peter Tenberge a) Dr.-Ing. Kaveh Towfighi					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Grundlegende Kenntnisse Konstruktionstechnik, Getriebetechnik Antriebstechnik, Regelungs-technik, Verständnis über Funktion technischer Baugruppen und deren Zusammenhänge.					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
An Beispielen der Produkte von Hilti lernen die Studierenden					
<ul style="list-style-type: none"> <li>die Erstellung eines Lastenheftes auf Basis der Rückmeldungen aus dem Markt zu neuen Produkten und zu Produktverbesserungen,</li> <li>die Korrelation zwischen erprobten Technologien und diesen Marktanforderungen,</li> <li>die Beschreibung neuer Technologien auf Basis physikalischer Prinzipien,</li> <li>die konstruktive Umsetzung der Technologien in verfügbaren Bauräumen,</li> <li>Erstellung aller Dokumente für Fertigung und Montage,</li> <li>Prototypenbau und Erprobung,</li> <li>Serienfertigung und Markteintritt,</li> <li>Technische Kundenbetreuung.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Herr Dr. Towfighi hat viele Jahre lang weltweit für Hilti Bohrhämmer und andere Akku-Geräte entwickelt und Ingenieure bei Hilti bzgl. der Produktentwicklung geschult. Anhand einiger Produktbeispiele erläutert Dr. Towfighi die Vorgehensweise bei Hilti zur Entwicklung neuer mechatronischer Antriebssysteme. Neben den technischen Inhalten geht es in dieser Lehrveranstaltung auch um die Organisation solcher Entwicklungsprozesse und die dabei zu lösenden Aufgaben für die Ingenieure. Die Lehrveranstaltung gibt damit auch einen aktuellen Einblick in die Arbeitswelt der Entwicklung bei Hilti, einem anerkannten Weltmarktführer in diesem speziellen Produktfeld.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
• Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie**

Confectioning of Products for Food and Pharmaceutical Applications

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Produktkonfektionierung in Lebensmitteltechnologie und Pharmazie			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner

a) Jun.-Prof. S. Frerich

**Teilnahmevoraussetzungen****Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden kennen wesentliche verfahrenstechnische Prozesse, Apparate und Methoden der Produktkonfektionierung und lernen diese gezielt einzusetzen.
- Die Studierenden können die gewonnenen Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen und wenden diese durch eine vertiefte Methodenkompetenz situativ angepasst an.
- Die Studenten werden in besonderem Maße zu vernetztem, interdisziplinären und kreativen Denken angeregt.

**Inhalte**

a)

Ziel der Produktkonfektionierung ist die Erzeugung innovativer Produkte. Hierbei ist die Wissenschaft der Produktkonfektionierung ein extrem vielfältiges Gebiet. Zur Erzeugung innovativer wirtschaftlicher Produkte ist die Kenntnis der gängigen verfahrenstechnischen Grundoperationen sowie der Stoffeigenschaften der verwendeten Substanzen erforderlich. Im Rahmen dieser Veranstaltung wird jedoch auf eine grundlegende Erklärung der verfahrenstechnischen Grundoperationen bewusst verzichtet, da dies Gegenstand zahlreicher anderer Vorlesungen ist. Es werden vielmehr produktorientiert ausgewählte Verfahren aufgezeigt, die zur Konfektionierung einzelner Beispielprodukte genutzt werden können. Hierzu werden Beispiele aus dem Bereich der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie vorgestellt. Ziel dieses Vorgehens ist es, den Teilnehmern dieses Kurses einen Einblick in die Möglichkeiten der Produktkonfektionierung zu geben.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Seminar 'Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie' ( <Ohne>, Anteil der Modulnote 100 %, Schriftlicher Seminarbeitrag und Präsentation)
- Beamer, Tafelvortrag

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Seminarbeitrag

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Projektmanagement im Anlagenbau**

Project Management in Plant Engineering

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	3 LP	90 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Projektmanagement im Anlagenbau		a) 60 h		a) jedes WiSe	

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald

a) Dr.-Ing. Dorothea Schwarz

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende

- Ein Projekt strukturieren und in seinen Gesamtkontext einordnen
- Methoden und Tools erkennen, um projekttypische Situationen zu bearbeiten
- Projekte verstehen, Rollenmuster erkennen und Randbedingungen bewerten

**Inhalte**

a)

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Studierende, die ein Interesse an der Analyse von zunächst komplex erscheinenden Aufgaben mitbringen. An zahlreichen Beispielen aus dem aktuellen und historischen gesamtgesellschaftlichen Umfeld werden folgende projektspezifische Themen adressiert:

- Kennenlernen der typischen Managementtheorien mit ihrer Bedeutung für die aktuelle Arbeitsumgebung
- Aufbau und Struktur von Großbetrieben, Erkennen und analysieren typischer Rollenmuster im Projekt
- Strukturierung und Analyse von Projekten mit dem Ziel einer ressourcenschonenden, termingerechten und kostensparenden Abwicklung
- Umgang mit Mitarbeitern, Stake- und Shareholdern im nationalen und internationalen Umfeld
- Einsatz von Tipps, Tricks und Methoden zur Zielerreichung

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (1 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Projektmanagement im Anlagenbau' (45 <Ohne>, Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

- M.Sc. Maschinenbau
- M.Sc. Umweltingenieurwesen
- M.Sc. Bauingenieurwesen
- M.Sc. Sales Engineering & Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik**

Processes in Mechanical Process Engineering

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann					
a) Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>sind die Studierenden mit den vertieften ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen, den Prozessen, Verfahren sowie den Anwendungsfeldern der mechanischen Verfahrenstechnik vertraut.</li> <li>lösen die Studierenden komplexe mathematische Problemstellungen in Prozessen der mechanischen Verfahrenstechnik mit geeigneten Methoden.</li> <li>lösen die Studierenden komplexe Problemstellungen in der Anwendung der mechanischen Verfahrenstechnik, entwickeln eigene Ansätze und setzen diese um.</li> <li>sind die Studierenden in der Lage etablierte Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>praktizierten die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken und üben dies an aktuellen Trennprozessen der Mechanischen Verfahrenstechnik ein.</li> <li>haben die Studierenden vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.</li> <li>übertragen die Studierenden Erkenntnisse und Fertigkeiten aus den vorgestellten Prozessen der mechanischen Verfahrenstechnik auf konkrete, neue Problemstellungen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Vorlesung Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik vermittelt wichtige Verfahren der Schüttguttechnik. Dazu zählen die Partikelabscheidung aus Gasen und die Abtrennung von Feststoffen aus Flüssigkeiten, etwa mit Filtern oder Zentrifugen. Im Weiteren werden Verfahren zur Änderung der Partikelgröße vorgestellt. Hierzu zählen beispielsweise Mahlvorgänge, wie sie zur Herstellung von Zement notwendig sind. Die Agglomeration von Partikeln führt dagegen zu größeren Partikelkollektiven. Diese Technik wird unter anderem bei Waschmitteln genutzt, um Staubbela stungen zu verhindern. Die Vorlesung schließt ab mit der Beschreibung von durchströmten Partikelschüttungen. Diese Wirbelschichten werden zur Weiterverarbeitung von Partikelsystemen oder zum Transport der Partikel durch die so genannte pneumatische Förderung genutzt.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenierwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Prozessführung und Optimalsteuerung

Process Control and Optimal Control

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Prozessführung und Optimalsteuerung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann

a) Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Eine erfolgreiche Teilnahme an den regelungstechnischen Fächern des BSC Maschinenbau (Grundlagen der Regelungstechnik und Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik) wird empfohlen.

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- verstehen und nutzen die Studierenden die Grundlagen der Optimalsteuerung, sind in der Lage, Aufgabenklassen zu unterscheiden (z. B. zeitoptimale Aufgaben, Aufgaben mit und ohne Restriktionen) und Aufgaben mit stückweise extremalen Lösungen (Bang-bang-Lösungen) zu prüfen und zu bewerten.
- haben die Studierenden das Wissen, modellprädiktive Regelungen zu erarbeiten und zu entwerfen, die Stabilität zu bewerten und mit Hilfe linear-quadratische Aufgaben optimale Regler zur entwerfen.
- können die Studierenden explizite modellprädiktive Regelungen entwickeln.
- sind die Studierenden in der Lage, Flachheit und flache Vorsteuerungen von Prozessen/Systemen zu untersuchen und zu prüfen und dies mit der zwei-Freiheitsgrade-Struktur zusammen zu führen.
- verfügen die Studierenden über die Fähigkeit zu vernetztem und wissenschaftlichem Denken, so dass sie dieses auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen und kompetent hierzu (auch in englischer Sprache) kommunizieren können.
- sind die Studierenden in der Lage, sich selbst in ihrem Lernprozess zu organisieren, digitale Medien für ihr Studium zu nutzen und sich mit Arbeitsgruppen (auch digital) zu vernetzen.

### Inhalte

a)

Die unterrichteten Methoden und Werkzeuge schließen an den optimierungsbasierten Entwurf von Zustandsrückführungen, die im Bachelor-Studium unterrichtet wurden, an. Im Einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Einführung in die Optimalsteuerung, Aufgabenklassen (u.a. zeitoptimale Aufgaben, Aufgaben mit und ohne Restriktionen), Aufgaben mit stückweise extremalen Lösungen (Bang-bang-Lösungen)
- Klassen und Eigenschaften von Optimierungsaufgaben und zugehörige Lösungsmethoden (lineare, quadratische und nichtlineare Programme mit und ohne Nebenbedingungen, Optimalitätsbedingungen, Konvexität, lokale und globale Optima)
- modellprädiktive Regelung, Stabilität, linear-quadratische Aufgaben
- explizite modellprädiktive Regelung, Zusammenhang zum Riccati-Regler

- Methoden zur Analyse nichtlinearer dynamischer Systeme (Phasenportraits, Nullklinen, topologische Äquivalenz und Satz von Hartman-Grobman, Bifurkationen, Lyapunov-Stabilität, direkte und indirekte Methode nach Lyapunov)
- exakte Linearisierung, Lie-Ableitungen, Systeme mit und ohne interner Dynamik, Zusammenhang zur Steuerbarkeit linearer Systeme
- Flachheit, flache Vorsteuerungen, zwei-Freiheitsgrade-Struktur

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Prozessführung und Optimalsteuerung' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Prozesssimulation energietechnischer Anlagen

Process Simulation of Energy Plants

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	45

### Lehrveranstaltungen

a) Prozesssimulation energietechnischer Anlagen

### Kontaktzeit

a) 4 SWS (60 h)

### Selbststudium

a) 90 h

### Turnus

a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Roland Span

a) Prof. Dr.-Ing. Roland Span

### Teilnahmevoraussetzungen

Kenntnisse im Bereich der thermodynamischen Analyse von Prozessen und der energietechnischen Anlagen, die im Normalfall durch ein Bachelorstudium mit angemessenen energietechnischen Inhalten als gegeben vorausgesetzt werden können. Keine spezifischen Teilnahmevoraussetzungen

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- können die Studierenden aufbauend auf dem im Bachelor-Studium vermittelten
- grundlegenden Verständnis für energietechnische Anlagen bestehende und
- neuartige (in der wissenschaftlichen Literatur diskutierte) Anlagen mit modernen
- Simulationstools selbstständig modellieren.
- können die Studierenden Leistung und Effizienz von energietechnischen Anlagen
- beurteilen und Einflussgrößen identifizieren.
- können die Studierenden das Betriebsverhalten von realen oder hypothetischen
- energietechnischen Anlagen analysieren und bewerten.
- können die Studierenden die Bedeutung anlagenspezifischer Parameter anhand von
- Parameterstudien auf einem hohen Abstraktionsgrad erläutern und beurteilen.
- kennen die Studierenden mathematische und thermodynamische Grundlagen von
- Simulationsprogrammen.
- können die Studierenden anspruchsvolle Simulationsprogramme zur Lösung komplexer
- Aufgabenstellungen anwenden, ihre Leistungsfähigkeit beurteilen (Vor- und Nachteile, Möglichkeiten und Grenzen) und Ergebnisse kritisch hinterfragen.

### Inhalte

a)

Ausgehend von der bereits in verschiedenen Vorlesungen eingeübten manuellen Berechnung energietechnischer Prozesse werden gemeinsam mit den Studierenden die grundlegenden Anforderungen an ein Programm zur Simulation energietechnischer Prozesse herausgearbeitet. Die vier Hauptelemente solcher Programme (Benutzeroberfläche, nichtlinearer Gleichungslöser, Modelle der einzelnen Komponenten, Stoffdatenpakete) werden exemplarisch vorgestellt, Vor- und Nachteile verschiedener Lösungen werden diskutiert. In Interaktion mit den Studierenden werden erste Modelle einfacher energietechnischer Prozesse (Gasturbinen- und Dampfkraftprozesse, ORC Prozess, Solarkraftwerk) aufgebaut. Der Einfluss der wichtigsten Betriebsparameter wird anhand der selbst aufgebauten Modelle erläutert. Möglichkeiten zur systematischen Variation von Betriebsparametern werden vorgestellt, Parametervariationen durchgeführt. Als Sonderfälle werden die Verwendung von Simulationsprogrammen

zur Beurteilung komplett neuer Prozessvarianten (wissenschaftliche Anwendung) und die Anwendung auf Basis von gemessenen Prozessparametern (Prozessleittechnik, Validierung der Messwerte, überbestimmte Systeme) diskutiert.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

**Prüfungsformen**

• Klausur 'Prozesssimulation energietechnischer Anlagen' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Alternativ bei weniger als zehn Teilnehmer\*innen mündliche Prüfung (30 Minuten) mit Vorbereitung von Fragen am Computer (60 Minuten))

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur (Hinweis: Die Note ergibt sich ausschließlich aus der Modulabschlussprüfung!)

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Vorlesung und Übung integriert (4 SWS), Sprache Deutsch, eine Betreuung von Studierenden auf Englisch kann aber alternativ realisiert werden.

**Reaktortheorie**

Reactor Physics

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Reaktortheorie			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch

a) Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Kenntnisse höhere Mathematik

**Lernziele/Kompetenzen**

Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse der wesentlichen Aspekte der Kerntechnik und die physikalischen Grundlagen. Sie können exemplarisch den Stand der modernen Forschung reflektieren. Sie nutzen modernste Methoden und Verfahren sowie das Fachvokabular.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls,

- lösen Studierende komplexe mathematische Problemstellung in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden,
- modifizieren Studierende die Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen,
- validieren Studierende die modellierten und gelösten komplexen ingenieurtechnischen Probleme,
- entwickeln Studierende eigene Ansätze und setzen diese um.

**Inhalte**

a)

- Überblick über die Kerntechnik und die physikalischen Grundlagen,
- Grundlegende Merkmale des Kernreaktors und seine Anwendung in der Kernkraftwerkstechnik
- Struktur der Materie
- Kernaufbau
- Bindungsenergie
- Kernumwandlung
- Arten der Radioaktivität
- Kernspaltung
- Energiefreisetzung
- Neutronenerzeugung
- Bildung von Spaltprodukten
- Globale Betrachtung des Generationszykluses der Neutronen
- Kernspaltung als Kettenreaktion
- Multiplikationsfaktor (Vier-Faktor-Formel)
- NeutronenflussdichteVerteilung
- Neutronendiffusion
- Diffusions-, Mehrgruppen -und Transporttheorie

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Reaktortheorie' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Schadensanalyse**

Failure Analysis

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Schadensanalyse			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl					
a) Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls sind Studierende in der Lage,					
<ul style="list-style-type: none"> <li>vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen der Werkstoffprüfung und der Werkstofftechnik anzuwenden, um das Versagen von Bauteilen infolge mechanischer, thermischer, korrosiver und tribologischer Einflüsse zu verstehen.</li> <li>herstellungs- und beanspruchungsbedingte Bauteilschäden zu analysieren, wodurch die Fähigkeit von vernetztem und kritischem Denken ausgebaut wird.</li> <li>bei der Bearbeitung konkreter Schadensfälle wissenschaftliches Denken zum Nachweis schadensursächlichen Versagensmechanismen anzuwenden und die Erkenntnisse/ Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen zu übertragen.</li> <li>etablierte Methoden und Verfahren der systematischen Schadensanalyse auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>zu verstehen, welche Abhilfemaßnahmen für die Schadensvermeidung geeignet sind.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einordnung der Schadensanalyse in das technische, wirtschaftliche und juristische Umfeld.</li> <li>Das defekte Bauteil fungiert als Datenträger, der Informationen über seinen individuellen Zustand und den Einflüssen die zu seinem Versagen geführt haben enthält.</li> <li>Herstellungs- und beanspruchungsbedingte Bauteilschäden sowie deren Unterscheidungskriterien</li> <li>Schäden unter mechanischen, thermischen, korrosiven und tribologischen Einflüssen.</li> <li>Ist-/Soll- Vergleich von Bauteilen sowie Abhilfemaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle.</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Seminar / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mündlich 'Schadensanalyse' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> </ul>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>MSc. Maschinenbau</li> <li>MSc. Sales Engineering and Product Management</li> </ul>					

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

**Service Engineering**

Service Engineering

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Service Engineering			a) 3 SWS (45 h)	a) 105 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr. Jens Pöppelbuß a) Prof. Dr. Jens Pöppelbuß, Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>können Studierende die Chancen und Herausforderungen der Transformation von produzierenden Unternehmen hin zu einem wachsenden Dienstleistungsgeschäft erläutern.</li> <li>können Studierende unterschiedliche Typen industrienaher Dienstleistungen und Produkt-Service-Systeme erläutern und voneinander abgrenzen.</li> <li>können Studierende etablierte Ordnungsrahmen und Ansätze anwenden, um Geschäftsmodelle von Unternehmen zu analysieren und beispielhaft Ansätze für innovative Geschäftsmodelle zu entwickeln.</li> <li>können Studierende kundenorientierte Methoden zur Entwicklung innovativer Dienstleistungsangebote beispielhaft anwenden.</li> <li>können Studierende die Bedeutung von Dienstleistungsqualität für den Geschäftserfolg erläutern.</li> <li>können Studierende aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Bereich des Service Engineering sinnvoll aufbereiten, anderen vermitteln und in den Stand der Forschung einordnen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Servitization of Manufacturing</li> <li>Industriennahe Dienstleistungen, Kundenlösungen und Produkt-Service-Systeme</li> <li>Digitale Dienstleistungen und Smart Services</li> <li>Geschäftsmodelle</li> <li>Ordnungsrahmen und Ansätze zur Analyse, Entwicklung und Kommunikation von Geschäftsmodellen (Business Model Canvas, St. Galler Business Model Navigator).</li> <li>Innovations- und Modellierungsmethoden des Service Engineering (z. B. Personas, Customer Journey Mapping, Service Blueprinting)</li> <li>Dienstleistungsqualität</li> <li>Vorgehensmodelle für das Service Engineering</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch					
<b>Prüfungsformen</b>					

- Klausur 'Service Engineering' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, oder Mündliche Prüfung (20 Min., Anteil der Modulnote 100 %) (Prüfungsangebot wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben), )
- Studienbegleitende Aufgaben: Referat zu einem englischsprachigen wissenschaftlichen Beitrag aus dem Bereich des Service Engineering (Gruppenleistung, Vortragsdauer 15 Minuten, Workload je Gruppenmitglied 10 Stunden, mögliche Termine werden zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur oder mündliche Prüfung
- Bestandene Studienbegleitende Aufgaben: Referat

**Verwendung des Moduls**

MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Simulation der Strömung in Turbomaschinen

Fluid Flow Simulation in Turbomachines

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Simulation der Strömung in Turbomaschinen		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h		a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. Francesca di Mare

a) Dr.-Ing. David Engelmann

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Fundierte Kenntnisse der Mathematik, insbesondere Differentialrechnung (partielle Ableitungen, Taylorreihen-Entwicklung), Integralrechnung, kartesische und Zylinderkoordinatensysteme; Mechanik, insbesondere Begrifflichkeiten wie Impuls, Kraft und Masse, Newton'sche Gesetze; Thermodynamik, insbesondere Begrifflichkeiten wie Energie, Enthalpie und Entropie, Erster und zweiter Hauptsatz; Grundlagen der Strömungsmechanik, insbesondere laminare und turbulente Strömungen, Einfluss der Kompressibilität, Funktionsweise von Strömungsmaschinen bzw. Fluidenergiemaschinen; Computersimulation von Fluidströmungen, insbesondere Navier-Stokes-Gleichungen, Diskretisierung der Erhaltungsgleichungen, Finite-Differenzen- und Finite-Volumen-Verfahren; Turbomaschinen, insbesondere relative und absolute Bezugssysteme, Verluste in Turbomaschinen

### Lernziele/Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls haben die Studierenden ihr Wissen bezüglich der numerischen Strömungsmechanik vertieft für die Simulation von kompressiblen Medien und für die Anwendung in Turbomaschinen.

- Die Studierenden sind in der Lage, die Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie auch für kompressible Medien anzuwenden und in relative, zylindrische Bezugssysteme zu transformieren.
- Die Studierenden können höherwertigen Verfahren für die numerische Approximation der Erhaltungsgleichungen anwenden.
- Die Studierenden sind in der Lage, die Besonderheiten sowie Schwierigkeiten in der Simulation von Turbomaschinen zu erkennen und damit umzugehen.

### Inhalte

a)

Wiederholung der wichtigsten theoretischen Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik

Vorstellung des Reynolds' Transport-Theorems sowie Anwendung auf die Massen-, Impuls- und Energieerhaltung

Kinematik der Turbomaschinenströmung

- Euler- und Lagrange-Betrachtungsweise
- Substantielle Ableitung
- Erhaltungsgleichungen im Relativsystem
- Euler-Hauptgleichung

Stromflächen-Verfahren

- Throughflow-Methode
- Stromlinienkrümmungs-Methode
- Stromfunktions-Methode
- Anwendungsbeispiele

Diskretisierung unter Anwendung des Finite-Volumen-Verfahrens

- Verfahren für höhere Genauigkeit
- Druckkorrekturverfahren für kompressible Strömungen
- Druckkorrekturverfahren für komplexe Geometrien
- Gittergenerierung und Randbedingungen für Turbomaschinen

Turbulenzmodellierung

Rotor-Stator-Interaktion

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Simulation der Strömung in Turbomaschinen' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten**

Model based Design of Reactors and Separation Units

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald

a) Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende

- Möglichkeiten und Grenzen dynamischer Simulationstools bewerten
- in der Verfahrenstechnik gängige Apparate mathematisch beschreiben
- reale Reaktoren und Phänomene in diesen Reaktoren mithilfe von Modellen abbilden und in das verwendete Simulationstool implementieren
- die für eine Bilanzierung realer Reaktoren relevanten Parameter zu erfassen und eigenständig Stoff- und Wärmebilanz mithilfe des verwendeten Simulationstools lösen und die Ergebnisse bewerten und darstellen.

**Inhalte**

a)

In der Lehrveranstaltung werden die Methoden der verfahrenstechnischen Modellierung und Simulation von Apparaten vermittelt. Dazu werden insbesondere nachfolgende Themen adressiert:

- In der Vorlesung wird zunächst eine Übersicht über reale Reaktoren und Trennapparate gegeben. Hierzu werden zunächst Beispielprozesse besprochen, die in dem entsprechenden Apparat durchgeführt werden. Anhand der Beispiele werden die unterschiedlichen Betriebszustände, Stofftransport- und Wärmetransportphänomene diskutiert. Anschließend erfolgt die Herleitung einer Modellbeschreibung der "beobachteten" Phänomene.
- Das resultierende und in eine verfahrenstechnische Software zur Prozesssimulation (z.Z. Aspen Custom Modeller) implementierte Gleichungssystem wird in den computergestützten Übungen bearbeitet. Mithilfe von Simulationsstudien werden die in der Vorlesung besprochenen Beispieldfälle detaillierter analysiert. Als Abschluss einer Übungseinheit wird das Vorgehen bei der Auslegung erarbeitet und die Abhängigkeit der Apparatedimensionen von den Beispielprozessen demonstriert.
- Nach dem Erarbeiten der grundlegenden Möglichkeiten des Aspen Custom Modeller werden in 2er bis 3er Gruppen selbstständig Projektthemen bearbeitet und die jeweiligen Fragestellungen mithilfe der zuvor in den Übungen erworbenen Kompetenzen in einer Simulation gelöst.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (3 SWS) / Vorlesung (1 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Gruppenprüfung)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Gruppenprüfung

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Simulationstechnik in der Produktherstellung

Simulation Technology of Product Manufacturing

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Simulationstechnik in der Produktherstellung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter					
a) Dr.-Ing. Christopher Prinz					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden unterschiedliche Simulationstechnologien und -werkzeuge sowie deren Anwendungsbereiche und können diese bezüglich ihres Nutzens und ihrer Grenzen beurteilen</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, reale Problemstellungen in Simulationsmodelle zu abstrahieren, der Vorgehensweise von Simulationsstudien folgend, Simulationsexperimente mit geeigneten Werkzeugen zu realisieren und die Ergebnisse zu bewerten</li> <li>• kennen die Studierenden die modernsten Entwicklungen in der Forschung und Praxis bezüglich dem Einsatz von Simulationen</li> <li>• können die Studierenden selbstorganisiert in Teams Lösungen zu komplexen Aufgabenstellungen entwickeln und diese präsentieren</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
In der Veranstaltung Simulationstechnik in der Produktherstellung wird die Simulation als eine der zukünftigen Schlüsseltechnologien mit verschiedenen Einsatzmöglichkeiten vorgestellt. Konkret werden folgende Inhalte vermittelt:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungen, Nutzen und Herausforderungen der Digitalen Fabrik</li> <li>• Modelle, Anwendungen und Grenzen von Simulationen</li> <li>• Reale Anwendungsbeispiele aus der Praxis durch einen Industrevortrag</li> <li>• Verschiedene Simulationswerkzeuge sowie ihre Klassifizierungen und Charakteristika</li> <li>• Die Phasen für den Ablauf von Simulationsstudien nach der VDI 3633</li> <li>• Durchführung von Simulationen für diverse Problemstellungen hinsichtlich Materialflüssen, Prozessen, Ergonomie oder Logistik mithilfe verschiedener Simulationswerkzeuge</li> <li>• Vorstellung und Anwendungen von innovativen Technologien wie Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) oder Digital Twin und Digital Shadow</li> <li>• Möglichkeiten und Vorteile der Virtuellen Inbetriebnahme (VIBN)</li> <li>• Einsatzmöglichkeiten verschiedener Optimierungsstrategien in der Produktion wie zum Beispiel die Modellierung in Agentensystemen und Anwendung von genetischen Algorithmen</li> <li>• Vorstellung der aktuellsten Forschungsergebnisse zur Einordnung von Simulation in den Trend der Digitalisierung und Industrie 4.0</li> </ul>					

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Simulationstechnik in der Produktherstellung' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)
- Optionale, vorlesungsbegleitende Semesteraufgabe und Flipped Classroom Präsentation zur Erlangung von Bonuspunkten (max. 10% Gesamtklausurpunkte) für die Klausur

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Solidification Processing**

Solidification Processing

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>		
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>		
a) Solidification Processing		a) 4 SWS (60 h)		a) 90 h	a) jedes WiSe		
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>							
Prof. Dr. I. Steinbach							
a) Prof. Dr. I. Steinbach							
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>							
Empfohlene Vorkenntnisse: keine							
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Students will gain knowledge about different casting technologies, their application and specific characteristics.</li> <li>This includes the causes of casting defects and strategies to avoid defects.</li> <li>Furthermore, the relationship of casting microstructure and process conditions will be discussed and principles of alloy thermodynamics and solidification will be introduced</li> </ul>							
<b>Inhalte</b>							
a)							
<ul style="list-style-type: none"> <li>History of metal casting, field of application and economic importance</li> <li>Shape-, pressure die-, continuous-, precision casting</li> <li>Directional solidification, rapid solidification, rheo- and tixo casting</li> <li>Mold material, molding and recycling. Mold filling and heat transfer (radiation and conduction)</li> <li>Simulation of mold filling, solidification and casting microstructure. During the exercises practical casting and microstructure analysis is demonstrated in the laboratory and during excursions to different foundries specialized on different casting techniques. The use of commercial software products for casting- and microstructure evolution simulation is demonstrated and trained on the computer</li> </ul>							
<b>Lehrformen / Sprache</b>							
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch							
<b>Prüfungsformen</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klausur 'Solidification Processing' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, oder alternativ mündliche Prüfung (30 Minuten) (Anteil an der Modulnote 100 %))</li> </ul>							
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>							
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur oder mündliche Prüfung							
<b>Verwendung des Moduls</b>							
keine Angabe							
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>							
Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV							
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).							
DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.							

**Sonstige Informationen**

**Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe**

Chemical Processes for Closed Carbon Cycles

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Thomas Ernst Müller

a) Prof. Thomas Ernst Müller

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Empfohlen sind Grundkenntnisse in Chemie, sowie Vorkenntnisse in chemischer Reaktionstechnik oder chemischer Verfahrenstechnik

**Lernziele/Kompetenzen**

Kenntnis der wesentlichen chemisch-technologischen Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe, nachhaltiger Einsatz und Nutzung nachwachsender Rohstoffe und erneuerbarer Rohstoffquellen.

Fähigkeit zur grundsätzlichen Simulation und Bewertung von Reaktormodellen in Hinsicht auf Randbedingungen und Chance auf eine großtechnische Umsetzung.

Verständnis für den Einsatz (pseudo)homogener und heterogen-katalytischer Reaktionssysteme im großtechnisch-industriellen Maßstab und die dabei geltenden Rahmenbedingungen.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- beherrschen die Studierenden die Grundlagen zur prozesstechnischen Auslegung von Reaktoren für unterschiedliche Reaktionssysteme, insbesondere von heterogen-katalytischen Reaktionssystemen für Stoffumwandlungsprozesse in geschlossenen Kohlenstoffkreisläufen
- ermitteln die Studierenden aus reaktionstechnischen Messungen kinetische Daten für die Auslegung von Reaktoren
- wenden die Studierenden (pseudo)homogene und heterogene Reaktormodelle für unterschiedliche Reaktionssysteme und Geschwindigkeitsansätze kompetent an, um unter produktionstechnischen Vorgaben und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Randbedingungen chemische Reaktoren prozesstechnisch optimal auszuwählen und auszulegen
- können die Studierenden für diesen Zweck Simulationsprogramme einsetzen und nutzen diese zur effizienten Bearbeitung des ingenieurtechnischen Arbeitsprozesses

**Inhalte**

a)

- Ressourcen für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe, Einsatz und Nutzung nachwachsender Rohstoffe und nachhaltiger Rohstoffquellen
- Erneuerbare Rohstoffe, u.a. CO<sub>2</sub>, Biomasse, Biokohle als Ausgangsstoff für chemische Produktionsprozesse
- Erneuerbare Kohlenstoff-haltige Rohstoffe zur Energiegewinnung

- Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe, industrielle Anwendungen, Prozesse und Wertschöpfungsketten, ausgewählte Verfahren
- Transportvorgänge bei heterogen-katalytischen Reaktionen und in Mehrphasen-Systemen
- Mikro- und Makro-Kinetik unterschiedlicher Reaktionssysteme, insbesondere von heterogen-katalytischen Reaktionssystemen
- Apparate für pseudohomogene und heterogenen-katalytische Reaktionssysteme
- Erstellung von Berechnungsmodulen mit MATLAB oder vergleichbaren Programmen zur Berechnung, graphischen Darstellung und Optimierung von Vorgängen in Reaktionssystemen und Reaktoren

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Strategisches Management</b> Strategic Management					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	3 LP	90 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Strategisches Management		<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS (30 h)	<b>Selbststudium</b> a) 60 h	<b>Turnus</b> a) jedes SoSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann a) Dr.-Ing. Gunnar Brandin					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Studierenden strategische und organisatorische Aspekte, Methoden und Handlungsweisen des strategischen Managements.</li> <li>• Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage, aus etablierten Methoden und Verfahren auszuwählen und diese anzuwenden.</li> <li>• Zusätzlich verfügen die Studierenden über fachübergreifende Methodenkompetenz.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b> a) Ablauf und Instrumente des strategischen Managements und der strategischen Unternehmensplanung sowie Maßnahmen und Aktivitäten zur Umsetzung und Kommunikation von Strategien in Unternehmen.					
<b>Lehrformen / Sprache</b> a) Vorlesung mit Übung / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b> • Mündlich 'Strategisches Management' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b> - Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung					
<b>Verwendung des Moduls</b> keine Angabe					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 * 100 * FAK / DIV FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18). DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.					
<b>Sonstige Informationen</b> Die Veranstaltung wird auch online angeboten.					

## Surface Science and Corrosion

Surface Science and Corrosion

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Surface Science and Corrosion			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

a) Prof. Dr. rer. nat. M. Stratmann, Dr. rer. nat. Michael Rohwerder

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls,

- kennen die Studierenden vertiefte naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich Korrosion und Korrosionsschutz.
- kennen die Studierenden exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiet der Korrosion, modernste Methoden und Verfahren des Korrosionsschutzes und Anwendungsbeispiele.
- werden die Studierenden auf der Basis der erlernten Grundlagen der Korrosion in die Lage versetzt, Korrosionsvorgänge an Werkstoffen durch den Angriff unterschiedlicher Medien zu verstehen. Sie haben Kenntnisse über die Anwendung spezifischer Prüfverfahren zur Vorhersage des Werkstoffverhaltens unter realen korrosiven Bedingungen.
- können die Studierenden somit komplexe Problemstellungen zum Korrosionsschutz mit geeigneten Methoden lösen.
- sind die Studierenden in der Lage, geeignete etablierte Test-Methoden und Korrosionsschutz-Verfahren auszuwählen und anzuwenden.
- praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken.
- können die Studierenden hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme auf dem Gebiet lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.
- haben die Studierenden vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden. Die Studierenden können Erkenntnisse/ Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.

### Inhalte

a)

Ziel der Vorlesung ist es, dass für das ökonomisch und sicherheitstechnisch relevante Gebiet der Korrosion und der Korrosionsprävention notwendige Grundlagenwissen zu vermitteln und anhand von praxisnahen Beispielen auf die eigenständige Anwendung des Erlernten vorzubereiten.

Im Rahmen der Vorlesung wird daher das Verhalten von Werkstoffen unter atmosphärischen Korrosionsbedingungen und in Gegenwart flüssiger aggressiver Medien oder heißer korrosiver Gase behandelt. Nach einer kurzen Einführung zur wirtschaftlichen Bedeutung der Korrosion befasst sich die Vorlesung zunächst mit den physikalisch-chemischen Grundlagen der elektrolytischen Korrosion und der Hochtemperaturkorrosion. Dabei werden insbesondere die Thermodynamik und Kinetik von

heterogenen Reaktionen unter besonderer Berücksichtigung von elektrochemischen Reaktionen diskutiert. Es folgen die verschiedenen Arten und Erscheinungsformen der Korrosion, z. B. die gleichmäßige Flächenkorrosion, Lochfraß, selektive Korrosion, interkristalline Korrosion, Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion, Erosionskorrosion und Hochtemperaturoxidation. Bei allen Korrosionsarten werden neben den theoretischen Grundlagen die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden, technologischen Prüfverfahren und allgemeine und spezielle Gegenmaßnahmen erörtert. Insgesamt vermittelt die Lehrveranstaltung sowohl wichtige Grundlagen für eine spätere Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Korrosion als auch für die Bearbeitung von Korrosionsproblemen im technischen Bereich.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung / Seminar / Englisch / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Surface Science and Corrosion' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, bei geringer Teilnehmerzahl werden mündliche Prüfungen durchgeführt (30 Min.))

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur oder mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Materials Science and Simulation

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Sustainability in Process Engineering

Sustainability in Process Engineering

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Sustainability in Process Engineering		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Manfred Renner					
a) Dr.-Ing. Philip Biessey					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende					
<ul style="list-style-type: none"> <li>die grundlegenden Prinzipien und die Funktionsweise aktueller Technologien und Verfahren zur Schließung von Stoffkreisläufen in der Prozessindustrie beschreiben</li> <li>die im Rahmen der Vorlesung vorgestellten Methoden zur Verfahrensbilanzierung und -skalierung bezogen auf ausgewählte Verfahren anwenden und diese hinsichtlich etablierter Nachhaltigkeitsindikatoren bewerten</li> <li>die erforderlichen Randbedingungen und Limitierungen der betrachteten Technologien und Verfahren benennen und Szenarien zur großtechnischen Umsetzung ableiten</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die Lehrveranstaltung adressiert Technologien und Verfahren zur Schließung von Stoffkreisläufen in der Prozessindustrie und damit der Transformation dieses Sektors hin zu einer nachhaltigen und emissionsneutralen Ausrichtung. Dazu werden vor allem Kunststoffrecyclingtechnologien und Verfahren zur Nutzung von CO <sub>2</sub> als Rohstoff thematisiert. Im Rahmen der Vorlesung werden die grundsätzlichen Ideen und Funktionsweisen der betrachteten Technologien und Verfahren vorgestellt; darauf aufbauend werden im Detail relevante Stoff- und Wärmeübergangsphänomene sowie die Bilanzierung ausgewählter Prozesse betrachtet, um Skalierungsstrategien und Auslegungsansätze abzuleiten und die Technologien im Sinne unterschiedlicher Nachhaltigkeitsindikatoren zu bewerten.					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Motivation, Konzepte und Randbedingungen für geschlossene Stoffkreisläufe in der Prozessindustrie</li> <li>aktuelle Technologien und Verfahren insbesondere zum (chemischen) Kunststoffrecycling und zur Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff am Beispiel verschiedener Prozesse</li> <li>Analyse relevanter Phänomene mehrphasiger Strömungen am Beispiel einer Kunststoffpyrolyse</li> <li>Bilanzierung ausgewählter Prozesse und Skalierungsstrategien zur Auslegung</li> <li>Kennzahlen und Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung von Technologien und Prozessen</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Projekt / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch / Englisch					
<b>Prüfungsformen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hausarbeit 'Sustainability in Process Engineering' (90 Std.unbenotet)</li> <li>Klausur 'Sustainability in Process Engineering' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> </ul>					

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur
- Bestandene studienbegleitende Aufgabe: Gruppenarbeit

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Technische Innovationen</b>					
Industrial Innovation					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
a) Technische Innovationen		a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe	
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Jan Sehrt					
a) Dr.-Ing. Tobias Grimm					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls					
<ul style="list-style-type: none"> <li>differenzieren und kombinieren die Studierenden verschiedene Methoden und Verfahren zur systematischen Koordination und Entwicklung von technischen Innovationen</li> <li>bewerten die Studierenden Lösungen für komplexe Probleme in technischer und nicht-technischer Hinsicht</li> <li>entwickeln die Studierenden eine Strategie zum Ausbau der wettbewerblichen Position eines Betriebs</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Die wettbewerbliche Position eines Betriebs hängt von einer regelmäßigen Erneuerung des Produkts und der Prozesse im Unternehmen ab. Diese Innovationen lassen sich systematisch erarbeiten, organisieren und umsetzen. Dazu wird im Rahmen der Veranstaltung die Entwicklung einer Innovationsstrategie behandelt. Außerdem wird mit der Theorie der Erfinderischen Problemlösung (TRIZ) eine Analysemethode vorgestellt, die zur Optimierung des Erfolges eines Betriebes beisteuert. Die Werkzeuge systematischer Innovation sind vielfältig und stets lösungsorientiert. In der Praxis sind solche strukturierten Vorgehensweisen unumgänglich für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens.					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
• Klausur 'Technische Innovationen' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
M.Sc. Sales Engineering and Product Management					
M.Sc. Maschinenbau					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					
Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV					
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).					

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<b>Technologie der Polymere</b>					
Technology of Polymers					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	3 LP	90 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Technologie der Polymere			a) 2 SWS (30 h)	a) 60 h	a) jedes WiSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner					
a) Prof. Dr.-Ing. L. Kleintjens, Prof. Dr.-Ing. M. Soliman					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen den Stand der ingenieurwissenschaftlichen Forschung im Bereich der Polymertechnologie.</li> <li>Sie kennen Methoden und Verfahren zur Herstellung, Charakterisierung, und Verarbeitung von Polymeren.</li> <li>Durch die Veranstaltungskonzeption erwerben die Studierenden eine besondere interdisziplinäre Kompetenz.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					
Nach einer Einführung über polymere Materialien werden folgende Themen behandelt:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polymerisationsprozesse und -reaktionen</li> <li>- Charakterisierung und Struktur von Polymeren</li> <li>- Verarbeitung und Verarbeitungsmaschinen von Polymeren</li> <li>- Heterogene Polymersysteme und Thermodynamik</li> <li>- Mechanische und (visko-)elastische Eigenschaften in der Polymerverfahrenstechnik.</li> </ul>					
<b>Lehrformen / Sprache</b>					
a) Blockseminar / Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mündlich 'Technologie der Polymere' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> </ul>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>					
Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung					
<b>Verwendung des Moduls</b>					
keine Angabe					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					
Anteil an der Gesamtnote [%] = $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$					
FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).					
DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.					
<b>Sonstige Informationen</b>					

**Thermodynamik der Gemische**

Thermodynamics of Mixtures

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Thermodynamik der Gemische			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Roland Span  
 a) Prof. Dr.-Ing. Roland Span

**Teilnahmevoraussetzungen**

Kenntnisse der Grundlagen der Thermodynamik, wie sie in einschlägigen Bachelorstudiengängen vermittelt werden. Keine spezifischen Voraussetzungen.

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- können Studierende die Besonderheiten der Stoffeigenschaften von Gemischen auf einem hohen Abstraktionsgrad erläutern.
- können Studierende neue Erkenntnisse im Bereich der Stoffdatenthermodynamik kritisch hinterfragen und bewerten.
- können Studierende ihre Kenntnisse im Bereich der Mischphasenthermodynamik einsetzen, um komplexe Aufgabenstellungen in Energie- und Verfahrenstechnik zu lösen.
- können Studierende Informationsbedarfe im Bereich der Stoffdaten erkennen, Informationsquellen beschaffen und dort gefundene Daten kritisch bewerten.
- können Studierende die Relevanz von Forschungsergebnissen im Bereich der Mischphasenthermodynamik einschätzen.

**Inhalte**

a)

- Berechnung von Stoffdaten für energietechnische Prozesse (Zustandsgleichungsmodelle, Stoffdaten von Wasser und Dampf als Sonderfall, ideale Mischung realer Gase)
- Zustandsgrößen von Gemischen, Darstellung als Exzessgrößen und als partielle molare Größen
- Grundlagen von Mischungseffekten auf molekularer Ebene
- Modelle für die Exzess-Gibbs-Energie und den Aktivitätskoeffizienten
- Phasengleichgewichte mit Flüssigkeiten, Feststoffen und Gasen
- Moderne Zustandsgleichungen für Gemische

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Thermodynamik der Gemische' (150 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc Sales Engineering and Product Management

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• MSc Umweltingenieurwesen</li></ul> |
|--|

<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
---

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 * 100 * FAK / DIV
--

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).
---

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.
--

<b>Sonstige Informationen</b>
-------------------------------

**Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users)**

Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users)

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8./ 9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>

- a) Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I (Advanced Users)  
 b) Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects II (Advanced Users)

**Kontaktzeit**

- a) 2 SWS (30 h)  
 b) 2 SWS (30 h)

**Selbststudium**

- a) 45 h  
 b) 45 h

**Turnus**

- a) jedes WiSe  
 b) jedes SoSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

- a) Prof. Antonin Dlouhy  
 b) Prof. Antonin Dlouhy

**Teilnahmevoraussetzungen****Lernziele/Kompetenzen**

- Die Studierenden kennen vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich Werkstoff-Engineering.
- Sie kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung und kennen modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften und Anwendungsbeispiele.
- Die Studierenden können komplexe Problemstellungen in physikalischen Systemen (ggf. fachübergreifend) mit geeigneten Methoden lösen.
- Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.
- Die Studierenden praktizieren somit wissenschaftliches Lernen und Denken.
- Die Studierenden können hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.
- Die Studierenden haben vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.
- Die Studierenden können Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.

**Inhalte**

a)

Diese Vorlesung wendet sich an fortgeschrittene Studierende, die die Grundlagen der Durchstrahlungselektronenmikroskopie beherrschen und die diese Methode im Rahmen ihrer Forschungsarbeiten einsetzen. Die Vorlesung wird in kleinen Gruppen hauptsächlich am Mikroskop durchgeführt. Sie vermittelt praktische Fähigkeiten im Umgang mit dem TEM-System, die nur durch regelmäßige Weiternutzung (etwa zwei Sitzungen pro Woche) aufrechterhalten werden können. Es geht um die Beherrschung des Beugungskontrasts. Zunächst wird noch einmal das Zustandekommen von Beugungsbildern und von Kikuchi-Linien-Maps erläutert. Dann wird praktisch vermittelt, wie man mit Hilfe von Kikuchi Linien Maps kristalline Proben orientiert, wie man einen Zweistrahlfall einstellt und wie man die Parameter bestimmt, die Versetzungsstrukturen kennzeichnen (Gleitebene, Richtung des Linienelements,

Burgers- Vektoren). Es werden die Grundlagen der Stereomikroskopie am TEM besprochen. Außerdem wird die analytische Durchstrahlungselektronenmikroskopie (EDAX, Mikrobeugung und Z-Kontrast besprochen). Die Vorlesung findet als Blockveranstaltung im Sommersemester statt. Die Vergabe der begrenzten Anzahl von Plätzen wird über ein Losverfahren entschieden.

b)

Diese Vorlesung wendet sich an fortgeschrittene Studierende, die die Grundlagen der Durchstrahlungselektronenmikroskopie beherrschen und die diese Methode im Rahmen ihrer Forschungsarbeiten einsetzen. Die Vorlesung wird in kleinen Gruppen hauptsächlich am Mikroskop durchgeführt. Sie vermittelt praktische Fähigkeiten im Umgang mit dem TEM-System, die nur durch regelmäßige Weiternutzung (etwa zwei Sitzungen pro Woche) aufrechterhalten werden können. Behandelt wird die Versetzungsanalyse und wie man die Parameter bestimmt, die Versetzungsstrukturen kennzeichnen (Gleitebene, Richtung des Linienelements, Burgers- Vektoren). Es werden die Grundlagen der Stereomikroskopie am TEM besprochen. Außerdem wird die analytische Durchstrahlungselektronenmikroskopie (EDAX, Mikrobeugung und Z-Kontrast besprochen). Die Vorlesung findet als Blockveranstaltung im Sommersemester statt. Die Vergabe der begrenzten Anzahl von Plätzen wird über ein Losverfahren entschieden.

**Lehrformen / Sprache**

- a) Blockseminar / Englisch / Deutsch
- b) Blockseminar / Englisch / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

## Turbomaschinen

Turbomachines

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Turbomaschinen			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr. Francesca di Mare

a) Prof. Dr. Francesca di Mare

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Fundierte Kenntnisse der Grundlagen der Fluidenergiemaschinen, Thermodynamik und der Grundlagen der Strömungsmechanik, insbesondere Navier-Stokes Gleichungen

### Lernziele/Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls beherrschen die Studierenden alle mathematischen Werkzeuge, um die Auslegung einer Turbomaschine (Bauart, Abmessungen, Anzahl der Stufen, Anzahl der Schaufeln und Beschaufelungstypologie) nach den Anforderungen eines Verbrauchers (Leistung, Abmessungen und Arbeitsmedium) vorzunehmen.

- Die Studierenden können physikalische Annahme treffen, um komplexen mathematischen Modelle zu vereinfachen
- Die Studierenden können dimensionslose Parameter ableiten, die das Betriebsverhalten einer Turbomaschine synthetisieren
- Die Studierenden können parametrische Abhängigkeiten ableiten, graphisch darstellen und verwenden, um eine Maschine oder Teile davon optimal zu gestalten
- Die Studierenden können ein Optimierungsworkflow verstehen, analysieren und eigenhändig erstellen
- Die Studierenden lernen, wie sie organisiert in Teams zusammenarbeiten und sich austauschen (Übungen und Lerngruppe)

### Inhalte

a)

Einführung zu den Turbomaschinen (dynamisch arbeitenden Fluidenergiemaschinen)

Klassifizierung der Turbomaschinen

- Nach Funktion (Kraftmaschinen/Arbeitsmaschinen)
- Nach Bauart
- Nach Eigenschaften des Arbeitsmedium (kompressibel/inkompressibel)

Beispiele von Turbomaschinen und deren Einsatz: Fokus auf den Verdichtern (und Pumpen)

Verdichter Bauarten:

- Einführung zum Radialverdichter: Laufradbauformen und -ausführungen, strömungsrelevante Komponenten
- Einführung zum Axialverdichter

- Weitere Beispiele der Turbomaschinen: ORC, Dampfturbinen, Wasserturbine, Hydrodynamischer Wandler

Kinematische Grundlagen der Strömung in einer Turbomaschine:

- Operatoren
- Substantielle Ableitung
- Erhaltungsgleichungen im Relativsystem
- Euler Arbeitsgleichung: Differentialform

Auslegung (1-D) der Radialstufe:

- Laufrad: Vereinfachte Bewegungsgleichungen, Minderleistung, Hauptabmessungen
- Diffusoren: Typologie, kinematische Beschreibung, Abmessungen
- Rückführkanäle

Auslegung (1-D) der Axialstufe

- Aerodynamischen Grundlagen: radiales Gleichgewicht, Verwindungsgesetze

Kriterien für die Bestimmung der Hauptabmessungen

- Nabenverhältnis, Reaktionsgrad

Beschaufelung

- Theorie der Tragfläche: Profile und Gitter, 3D-Beschaufelung

Weitere Auslegungsmethoden

- Prinzipien der Stromfadentheorie
- Prinzipien der Blade-to-Blade-Methode
- Prinzipien der Q3D S1/S2 Flächenmethode
- Prinzipien der 3D, CFD-basierte Auslegung

#### **Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

#### **Prüfungsformen**

- Klausur 'Turbomaschinen' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

#### **Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

**Turbulenzmodellierung**

Turbulence modeling

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Turbulenzmodellierung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Romuald Skoda

a) Prof. Romuald Skoda

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlagen der Strömungsmechanik, idealerweise auch Fortgeschrittene Strömungsmechanik, Computersimulation von Fluidströmungen

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach der Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage, modernste Turbulenzmodelle, die in gängigen Strömungssimulationsprogrammen implementiert sind, zu verstehen. Sie haben die Fähigkeiten zum vernetzten und kritischen Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden im Hinblick auf Genauigkeit, Stabilität und Aufwand bewerten zu können. Die Studierenden haben vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenzen erworben und können auf dieser Basis Lösungen für neue Problemstellungen erarbeiten.

**Inhalte**

a)

- Wiederholung der strömungsmechanischen und numerischen Grundlagen
- Überblick über die Turbulenztheorie Schleichende Strömungen
- Einführung in die Direkte und die Large-Eddy-Simulation
- Detaillierte Behandlung der statistischen Turbulenzmodelle (Wirbelviskositäts- und Reynolds-Spannungsmodelle)
- Hybride Modelle: Scale-Adaptive-(SAS) und Detached-Eddy-(DES) Simulation
- Wandbehandlung
- laminar-turbulente Transition
- Modelladditive zur Staupunkt-, Rotations- und Kompressibilitätsbehandlung

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Turbulenzmodellierung' (45 Min., Anteil der Modulnote 0 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

M.Sc. Maschinenbau

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Vorlesungsbegleitende Unterlagen (Umdruck, Übungsmaterial) werden zur Verfügung gestellt und weiterführende Literatur wird bekannt gegeben.

**Umweltrisiken**

Environmental Risks

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße				
	5 LP	150 h	8. Sem.	2 Semester	keine Beschränkung				
<b>Lehrveranstaltungen</b>		<b>Kontaktzeit</b>		<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>				
a) Umweltrisiken 1 – Risiken der industriellen Produktion		a) 2 SWS (30 h) b) 2 SWS (30 h)		a) 45 h b) 45 h	a) jedes SoSe b) jedes WiSe				
b) Umweltrisiken 2 – Chemikalien in der Umwelt									
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>									
Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünwald									
a) Prof. Dr.-Ing. G. Deerberg									
b) Prof. Dr.-Ing. G. Deerberg									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>									
Empfohlene Vorkenntnisse: keine									
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>									
Die Studierenden kennen vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich der „Umweltrisiken“. Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken dabei ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren zur Minderung der Risiken auszuwählen und entsprechend anzuwenden bzw. Gegenmaßnahmen einzuleiten. Die Studierenden können diese Erkenntnisse auf dem Feld der Risiken auch auf konkrete und neue bzw. analoge Problemstellungen übertragen und bewerten.									
Die Studierenden sollen nach der Veranstaltung „Umweltrisiken 1“ Kenntnisse über das relevante Regelwerk und den Ablauf von Genehmigungsverfahren für umweltrelevante Maßnahmen haben und in der Lage sein, Maßnahmen und Technologien der industriellen Produktion und der Ressourcenbereitstellung hinsichtlich der Umweltrisiken zu analysieren und zu bewerten sowie bei der Systemplanung und Rohstoffbeschaffung risikoarme Alternativen abzuleiten und zu entwickeln.									
Die Studierenden sollen nach der Veranstaltung „Umweltrisiken 2“ in der Lage sein, Umweltrisiken aufgrund von Chemikalien, die aus Produkten, nutzungs- oder prozessbedingt freigesetzt werden, zu identifizieren, Möglichkeiten der Risikobeurteilung und -einordnung haben sowie Alternativen entwickeln können.									
<b>Inhalte</b>									
a)									
Umweltrisiken 1: Risiken der industriellen Produktion									
Einhergehend mit der ansteigenden Technisierung rücken zunehmend die Fragen des Ressourcenverbrauchs in den Mittelpunkt. Dies wird deutlich daran, dass eine Verdoppelung des weltweiten Energiebedarfes bis zum Jahr 2050 prognostiziert wird, der allein auf den Anstieg der Weltbevölkerung unter der Annahme eines nur geringen Wohlstandszugewinnes zurückgeführt wird. Der Klimawandel bedingt zum Teil dramatische Änderungen der Ökosysteme mit Konsequenzen z.B. für die Landwirtschaft aber auch Extremwetterereignisse mit gravierenden Folgen. Durch den Anstieg des Meeresspiegels werden Lebensräume bedroht und die Verknappung von Trinkwasser beschleunigt.									

Im Mittelpunkt der Vorlesung stehen systemische Zusammenhänge der Ressourcenversorgung und des Klimawandels sowie Strategien, mit denen dem Klimawandel zu begegnen ist. Dabei wird auf die Risiken, die mit der Ressourcenbereitstellung und der Nutzung einhergehen, fokussiert. Es wird auf die Risiken, die durch konventionelle, nichtkonventionelle und alternative Ressourcen entstehen, eingegangen.

Ein Schwerpunkt ist hier im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe gesetzt. In Europa existieren seit vielen Jahrzehnten nationale und internationale Initiativen, mit denen die Basis für Regelungen zur Minderung von Umweltrisiken geschaffen werden sollen. Es wird daher das rechtliche und technische Regelwerk im Umweltbereich behandelt. Neben der Struktur des Regelwerkes wird exemplarisch auf das Chemikalienrecht (REACH), den Emissionshandel und umweltrelevante Genehmigungsverfahren eingegangen, die heute oft in partizipative Prozesse münden. Gliederung:

#### Einführung

- Hintergründe und Inhalte der Vorlesung
- Einführung in die Thematik
- Einleitende Begriffe und Definitionen
- Lernziele

#### Ressourcen und Klimawandel

- Risiken der Produktion fossiler Energieträger
- Risiken nachwachsender Rohstoffe

#### Angewandter Umweltschutz

- Technisches und rechtliches Regelwerk
- Genehmigungsverfahren

b)

#### Umweltrisiken 2: Chemikalien in der Umwelt

Der heutige Lebensstandard westlicher Nationen ist zum Vorbild und Ziel für die Schwellen- und Entwicklungsländer geworden. Viele Produkte, die in diesem Umfeld entstehen und genutzt werden, sind von Chemikalien geprägt, die während der Herstellung, störungsbedingt, während der Nutzung oder bei der Entsorgung in die Umwelt gelangen. Verunreinigungen der Umwelt mit Chemikalien haben zum Teil sehr langfristige, heute oftmals noch nicht absehbare Folgen. So wird durch die Emission von Arzneimittelresten wie z.B. Antibiotika der medizinische Fortschritt aufgrund wachsender Resistenzen von Keimen in Frage gestellt. Hormonähnlich, kanzerogen oder mutagen wirkende Substanzen können in schon kaum messbar geringen Konzentrationen langfristige Auswirkungen auf Ökosysteme und den Menschen aufweisen. Umso bedeutsamer ist die frühzeitige Analyse und Bewertung von Chemikalien, um möglichst vor der Verbreitung in der Umwelt Klarheit über die Risiken zu schaffen. In der Veranstaltung werden Wirkmechanismen, Bewertungsmethoden und -kriterien sowie Gegenmaßnahmen in Bezug auf die genannten Umweltrisiken diskutiert. Es werden Methoden zur Ermittlung und zur vergleichenden Bewertung sowie Hinweise zur Einordnung von Umweltrisiken gegeben. Gliederung:

#### Einführung

- Hintergründe und Inhalte der Vorlesung
- Einführung in die Thematik
- Einleitende Begriffe und Definitionen
- Lernziele

**Stoff- und prozessbezogene Risiken**

- Chemikalien in der Umwelt/ Umweltrelevanz von Chemikalien
- Störungsbedingte Risiken
- Prozessrisiken: Anatomie von Störfällen
- Ausbreitung von Stoffen im Boden

**Risiko und Risikobewertung**

- Methoden zur Risikoeinschätzung und -quantifizierung
- Risikowahrnehmung

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

b) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Umweltrisiken' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

**Verwendung des Moduls**

MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

<p><b>Unternehmensführung</b> Business Management &amp; Leadership</p>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	3 LP	90 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> a) Unternehmensführung</p>		<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>	
		a) 2 SWS (30 h)	a) 60 h	a) jedes WiSe	
<p><b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann a) Dr.-Ing. Gunnar Brandin</p>					
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p>					
<p><b>Lernziele/Kompetenzen</b></p> <p>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennen die Studierenden die verschiedenen Aspekte der Unternehmensführung und des Managements sowie entsprechende Handlungsweisen.</li> <li>• Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken weiter ausgebaut, kennen etablierte Führungsmethoden und sind in der Lage, aus diesen auszuwählen und sie anzuwenden.</li> <li>• Zusätzlich verfügen die Studierenden über fachübergreifende Methodenkompetenz und haben ihre Kommunikations-Fähigkeiten weiter ausgebaut.</li> </ul>					
<p><b>Inhalte</b></p> <p>a)</p> <p>Grundlagen der Mitarbeiterführung, Maßnahmen und Aktivitäten zur Motivation und Kommunikation in Unternehmen sowie Übersicht der Managementaufgaben in Unternehmen.</p>					
<p><b>Lehrformen / Sprache</b></p> <p>a) Vorlesung mit Übung / Deutsch</p>					
<p><b>Prüfungsformen</b></p> <p>• Mündlich 'Unternehmensführung' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</p>					
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b></p> <p>• Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung</p>					
<p><b>Verwendung des Moduls</b></p> <p>keine Angabe</p>					
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>Anteil an der Gesamtnote [%] = 3 * 100 * FAK / DIV</p> <p>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).</p> <p>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.</p>					
<p><b>Sonstige Informationen</b></p> <p>Die Veranstaltung wird auch online angeboten.</p>					

**Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken**

Handling Systems for Supply and Disposal Streams of Power Plants

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. V. Scherer

a) Priv.-Doz. Dr.-Ing. M. Schiemann

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: Strömungsmechanik, Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung

**Lernziele/Kompetenzen**

Die Studierenden kennen:

- die unterschiedlichen Techniken zur Versorgung von Kraftwerken mit den Arbeitsmedien Wasser, Luft und Brennstoff sowie die Entsorgung der anfallenden Reststoffe,
- exemplarisch den Stand moderner Forschung,
- moderne Methoden, Anwendungsbeispiele und das entsprechende Fachvokabular.

Ferner können die Studierenden

- komplexe mathematische Problemstellungen in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen,
- Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen,
- komplexe ingenieurtechnische Probleme fachübergreifend modellieren und lösen sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.

Die Studierenden haben

- die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden,
- vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.

Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende

- Sinnvolle Annahmen über Anlagenparameter abschätzen und zur Auslegung notwendige Informationen beschaffen.
- die Dimensionen von zu- und abzuführenden Stoffströmen energietechnischer Anlagen abschätzen und grundlegende Konzepte zur Behandlung einzelner Ströme entwerfen.
- Einzelne Auslegungsvarianten quantitativ bewerten.
- Umweltwechselwirkungen prüfen.
- Kosten-Nutzen-Zusammenhänge untersuchen.

**Inhalte**

a)

Die Vorlesung „Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken“ behandelt die unterschiedlichen Techniken zur Versorgung von Kraftwerken mit den Arbeitsmedien Wasser, Luft und Brennstoff sowie die Entsorgung der anfallenden Reststoffe. Ausgangspunkt der Vorlesung ist die Wasseraufbereitung und Konditionierung mit ihren chemischen Grundlagen. Die Kühlung solcher Anlagen incl. der Kühlturnauslegung und die Brennstoffversorgung werden besprochen. Die Entsorgung von Kraftwerken beinhaltet die Rauchgasbehandlung durch chemische und physikalische Verfahren sowie die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre. Eine Übersicht über die Schadstoffbildungsmechanismen schließt die Veranstaltung ab.

**Lehrformen / Sprache**

a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Bei einer Teilnehmerzahl <= 10 Teilnehmer\*innen kann die Prüfung mündlich durchgeführt werden.)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Medienformen: Vorlesungsfolien (pdf/Powerpoint)

- 1. Skript Ver- und Entsorgungstechnik von thermischen Kraftwerken
- 2. Adrain, F., Quittek, C., Wittoch, E., Fossil beheizte Dampfkraftwerke, Handbuch
- Energie (Hrsg. T. Bohn), Technischer Verlag Resch, 1986.
- 3. Baumbach, G., Luftreinhaltung, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
- 4. Fritz, W., Kern, H., Reinigung von Abgasen, 3. Auflage, Vogelverlag, Würzburg, 1992.
- 5. Strauß, K., Kraftwerkstechnik, Springer-Verlag, 5. Aufl., 2006.
- 6. Wieland, G., Wasserchemie, 12. Auflage, Vulkan-Verlag, Essen, 1998.

## Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung

Process Development & Plant Design

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

### Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r

Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald

a) Dr.-Ing. Julia Riese

### Teilnahmevoraussetzungen

Empfohlene Vorkenntnisse: abgeschlossenes Modul „Grundlagen der Verfahrenstechnik“

### Lernziele/Kompetenzen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende

- Prozesse zur Herstellung chemischer Produkte entwickeln und deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft einschätzen
- charakteristische Merkmale von Syntheserouten bewerten und prozesstechnische Auslegungsregeln anwenden sowie den notwendigen Informationsbedarf für diese Aufgaben erkennen und diese Informationen beschaffen
- in gängigen Simulationsumgebungen (Aspen Plus®) Prozesse implementieren, Simulationen durchführen und deren Ergebnisse anhand von Parameter- und Sensitivitätsanalysen kritisch bewerten sowie aus den Ergebnissen weiteren Handlungsbedarf ableiten.
- die Phasen und Probleme der Anlagenplanung erklären und einzelne Problemstellungen in den Planungsphasen einordnen

### Inhalte

a)

In der Lehrveranstaltung werden die Methoden der Verfahrensentwicklung und der Anlagenplanung vermittelt. Dazu werden insbesondere nachfolgende Themen adressiert:

- wissenschaftliche Methoden der Prozessentwicklung und Anlagenplanung
- Methoden und Kriterien der Reaktorauswahl und Reaktionsführung
- Thermodynamische Voraussetzungen zur Auswahl und Synthese von Trennsequenzen
- Patente als Informationsquelle für die Prozessentwicklung
- Prozesstechnische Möglichkeiten der Wärme- und Ressourcenintegration
- Simulation verfahrenstechnischer Prozesse mittels Aspen Plus®
- Methoden und Dokumente der Anlagenplanung (Erstellung der Mengen- und Enthalpiebilanzen, Prozessdarstellung im Grund-, Verfahrens- und R&I-Fließbild, Aufstellungs- und Rohrleitungsplanung, apparate- und maschinentechnische Auslegung, Einbindung des prozessintegrierten Umweltschutzes, wärmetechnische Optimierung) in den verschiedenen Planungsphasen
- Für die Planung notwendige Investitions- und Produktionskostenbetrachtungen

### Lehrformen / Sprache

a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

### Prüfungsformen

- Mündlich 'Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

#### **Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung

#### **Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management
- MSc. Umweltingenieurwesen

#### **Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

**Verschleißschutztechnologie**

Wear Protection Technology

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Dauer</b>	<b>Gruppengröße</b>
	5 LP	150 h	8. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Verschleißschutztechnologie			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes SoSe
<b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>					
Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber a) Dr.-Ing. Sabine Siebert					
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>					
Empfohlene Vorkenntnisse: keine					
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls,					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende die Struktur eines tribologischen Systems und können die beteiligten Partner analysieren sowie das Beanspruchungskollektiv beurteilen und die Kenngrößen für Reibung und Verschleiß bewerten.</li> <li>• verstehen die Studierenden die möglichen Wechselwirkungen zwischen den am Verschleiß beteiligten Werkstoffpartnern und differenzieren diese in Abhängigkeit vom jeweiligen Werkstoff und -behandlungszustand.</li> <li>• können die Studierenden Werkstoffempfehlungen zur Verschleißminimierung und Lebensdauererhöhung in Abhängigkeit vom Beanspruchungskollektiv und des vorliegenden Verschleißangriffs entwickeln.</li> <li>• verstehen die Studierenden den Zusammenhang zwischen dem Gefüge und den damit verbundenen Eigenschaften von Verbundwerkstoffen.</li> <li>• können die Studierenden den Einfluss der einzelnen Gefügebausteine mit ihren Eigenschaften auf die Bulk-Eigenschaften des Verbundwerkstoffs bewerten.</li> <li>• können die Studierenden Fertigungsverfahren für die Herstellung von Verbundwerkstoffen benennen und dieses Wissen anwenden, um Handlungsempfehlungen für die Werkstoff- und Fertigungsauswahl für konkrete Anwendungsfälle abzuleiten.</li> <li>• erhalten die Studierenden vertiefte und breite physikalische und chemische Kenntnisse sowie Fertigkeiten im Umgang mit klassischen Werkstoffsystemen, deren Verbundwerkstoffen und Beschichtungen.</li> <li>• erlangen die Studierenden Kompetenzen zur Modellbildung und Abstraktion.</li> <li>• kennen die Studierenden exemplarisch moderne Untersuchungs- und Prüfmethoden, die zur Verschleißsystemanalyse erforderlich sind, sowie das entsprechende Fachvokabular.</li> <li>• praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken anhand ausgewählter Praxisbeispiele und können komplexe ingenieurtechnische Probleme abstrahieren und Lösungen durch eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.</li> <li>• können die Studierenden Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.</li> </ul>					
<b>Inhalte</b>					
a)					

- a) Erarbeitung der Grundbegriffe der Tribologie, Betrachtung von ausgewählten Verschleißsystemen, Identifizierung der Verschleißarten sowie der damit verbundenen Mikromechanismen, Verschleißprüfmethoden und -messgrößen, Einfluss des Werkstoffdesigns und der Werkstoffherstellung auf den Verschleißwiderstand (Art, Menge, Größe und Anordnung der unterschiedlichen Gefügebestandteile und deren Eigenschaften), Vorstellung von werkstofftechnischen Maßnahmen zum Verschleißschutz für metallische Werkstoffe, ausgehend vom Gefügedesign durch verschiedene Herstellungsmethoden bis hin zu unterschiedlichen Randschichtverfahren und deren Anwendung bezogen auf den Einsatzfall.
- b) Einführung/Motivation (Überblick über Verbundwerkstoffe und die beteiligten Einzelphasen, Einsatzgebiete und Marktentwicklung), Vorstellung der Fachterminologie; Herstellungsprozesse, Verarbeitung, Anwendung und Eigenschaften von Schichten und Verbundwerkstoffen; Beschreibung von Hartphasen/Fasern und Metallmatrices; Beschreibung des Einflusses der Ausbildung der Grenzfläche zwischen Hartstoff/Faserverstärkung und Matrix auf die Werkstoffeigenschaften;

**Lehrformen / Sprache**

- a) kein Typ gewählt / Seminar / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Verschleißschutztechnologie' (180 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

**Werkstoffe der Energietechnik**

Materials for Energy Technology

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	60

**Lehrveranstaltungen**

a) Werkstoffe der Energietechnik

**Kontaktzeit**

a) 4 SWS (60 h)

**Selbststudium**

a) 90 h

**Turnus**

a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

a) Dr. rer. nat. Christoph Somsen

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Die Studierenden sind nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls in der Lage,

- die Eigenschaften von Hochtemperaturwerkstoffklassen, wie angelassene martensitische Chromstähle und Ni-Basissuperlegierungen zu beurteilen.
- Lebensdauerkonzepte zu beurteilen und zu prüfen.
- kritische Komponenten in Energieanlagen und deren Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften zu bewerten.
- eine Werkstoffauswahl anforderungsgerecht durchzuführen.

**Inhalte**

a)

In dieser Vorlesung werden Werkstoffe und deren Eigenschaften besprochen, die in Systemen eingesetzt werden, die unsere Energieversorgung sicherstellen. Die Vorlesung soll an einigen Beispielen aufzeigen, dass unabhängig von der Art der Energieumwandlung, strukturelle und funktionelle Werkstoffeigenschaften von entscheidender Bedeutung sind. Unter anderem werden folgende Themenbereiche beleuchtet:

- Kriechen, die Spannungsrelaxation, Ermüdung und Hochtemperaturoxidation von Werkstoffen
- Beispielhaft werden einige Schlüsselkomponenten von Energieanlagen, wie z. B. (i) das Sammlerrohr im Dampfkraftwerk, (ii) der Rohrbogen im Dampfkraftwerk und (iii) die Turbinenschaufel in Gasturbinen behandelt
- Verfestigungskonzepte im Bereich von Hochtemperaturwerkstoffen, wie Mischkristallverfestigung, Ausscheidungsverfestigung und Verbundverstärkung werden behandelt
- Einige ausgewählte Werkstoffprobleme aus den Bereichen Windenergie, Solarenergie und Energiespeicherung werden angesprochen, insbesondere hier lebensdauerbegrenzende Schädigungsmechanismen

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Werkstoffe der Energietechnik' (180 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• MSc. Maschinenbau</li><li>• MSc. Sales Engineering and Product Management</li><li>• MSc. Materials Science and Simulation</li><li>• MSc. Umweltingenieurwesen</li></ul> |
|---|

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] = 5 \* 100 \* FAK / DIV

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Ein Skriptum zur Vorlesung ist vorhanden

**Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung**

Materials for Biomedical Engineering and Bionic Materials Researches

Modul-Nr.	Credits	Workload	Semester	Dauer	Gruppengröße
	5 LP	150 h	9. Sem.	1 Semester	keine Beschränkung
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Turnus</b>
a) Werkstoffe der biomedizinischen Technik und bionische Materialforschung			a) 4 SWS (60 h)	a) 90 h	a) jedes WiSe

**Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r**

Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber

a) Dr.-Ing. Sabine Siebert

**Teilnahmevoraussetzungen**

Empfohlene Vorkenntnisse: keine

**Lernziele/Kompetenzen**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls,

- kennen und validieren Studierende die Anforderungen an Werkstoffe für die Verwendung als Implantat und die Nutzung von bionischen Ansätzen bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und Werkstoffverbunde.
- kennen die Studierenden verschiedene implantatspezifische Herstellungsmethoden sowie die Werkzeugwerkstoffe zur Bearbeitung von Implantaten, einschließlich unterschiedlicher Beschichtungsmethoden von Implantaten und Werkzeugen.
- unterscheiden Studierende zwischen metallischen, keramischen und polymeren Implantatkomponenten sowie deren Eigenschaften und Einsatzgebieten.
- haben die Studierenden materialbasierte Produktlösungen kennengelernt und können diese in Projektarbeiten einbringen.

**Inhalte**

a)

Die Anforderungen an Werkstoffe für die Verwendung als Implantat werden in Abhängigkeit von der Funktion und Verweildauer im menschlichen Körper vorgestellt. Bei der Auswahl dieser Werkstoffe müssen je nach Verwendung besondere Bedingungen berücksichtigt werden. Weiterhin kommen geeignete Werkstoffe für den Einsatz als Werkzeug in der Medizintechnik sowie deren Wärme- oder Randschichtbehandlung zur Sprache. Die Nutzung von bionischen Ansätzen bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und Werkstoffverbunden wird aufgezeigt. Es werden verfahrenstechnische Gesichtspunkte zur Werkstoffentwicklung und zur Produktentwicklung in der Medizintechnik besprochen. Neben den metallischen Werkstoffen liegt ein Schwerpunkt auf den Zulassungsverfahren für medizinische Implantate sowie die einzuhaltenden Vorschriften. Die Lerninhalte werden teilweise im Rahmen einer vorlesungsintegrierten Projektarbeit anhand eines Anwendungsbeispiels vertieft. Eine interaktive Software soll zur funktions- und beanspruchungsgerechten Werkstoffauswahl unter Berücksichtigung von Energieverbrauch und Herstellungsprozessen zum Einsatz kommen.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung mit Übung / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Klausur 'Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung' (180 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

- MSc. Maschinenbau
- MSc. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**