



Fakultät Maschinenbau  
*fortschritt studieren*

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

# RUHR – UNIVERSITÄT BOCHUM FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU

## Master-Studiengang Sales Engineering and Product Management

Modulhandbuch

Gültig ab Sommersemester 2023

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 Modulhandbuches zu rechnen, d.h. für eine Modulprüfung ist immer die im Semester der letzten Vorlesung gültige Modulbeschreibung maßgebend.

19.10.2023

# 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.....                       | 11 |
| Additive Fertigung - Kunststoffe.....                                   | 13 |
| Additive Fertigung - Metalle.....                                       | 15 |
| Advanced Characterisation Methods.....                                  | 17 |
| Advanced Materials Processing and Microfabrication.....                 | 19 |
| Advanced Systems Engineering.....                                       | 21 |
| Advanced Topics of Experimental Micromechanics and Microtribology.....  | 23 |
| Angewandte Finite-Elemente-Methoden.....                                | 25 |
| Arbeits- und Anlagensicherheit.....                                     | 29 |
| Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit).....             | 31 |
| Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung.....             | 33 |
| Biomechanik.....  | 35 |
| Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder.....          | 37 |
| Business Development.....   | 39 |
| CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus Industrieprozessen.....                | 41 |
| Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock.....                 | 43 |
| Computational Fracture Mechanics.....                                   | 46 |
| Computeranwendungen in der Prozessentwicklung.....                      | 48 |
| Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling.....   | 52 |
| Demand and Supply in Energy Markets.....                                | 54 |
| Dynamic Structures and Active Control.....                              | 56 |
| Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung..... | 58 |
| Einführung in die Rheologie.....  | 60 |
| Elektrifizierte Fahrzeugantriebe.....                                   | 62 |
| Embedded Systems.....   | 64 |
| Energieaufwendungen und Ökobilanzierung.....                            | 66 |
| Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase.....             | 68 |
| Energiespeichertechnologien und -anwendung.....                         | 70 |
| Energy Systems Analysis.....  | 72 |
| Entwicklung von Motormanagementsystemen.....                            | 74 |
| Finite Deformationen und nichtlineare FEM.....                          | 76 |
| Finite Elemente Technologie.....  | 78 |
| Forschungsmethoden.....   | 80 |
| Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie.....                | 82 |

---

# Inhaltsverzeichnis

---

|   |     |
|---|-----|
| Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering.....                          | 85  |
| Gasdynamik.....   | 87  |
| Gasmesstechnik.....   | 89  |
| Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies.....                            | 91  |
| Geothermal Energy Systems.....  | 93  |
| Gewerblicher Rechtsschutz: Patentwesen in den Ingenieurwissenschaften.....                  | 96  |
| Industriegütermarketing.....  | 98  |
| Integrierte Hochdruckverfahren.....   | 100 |
| Introduction to Three-dimensional Materials Characterization Techniques.....                | 102 |
| KIbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz..... | 104 |
| Kernkraftwerkstechnik.....  | 106 |
| Kontinuumsmechanik.....   | 108 |
| Laserfertigungstechnik.....   | 110 |
| Lasermedizintechnik.....  | 112 |
| Lasermesstechnik.....   | 114 |
| Lasertechnik.....   | 116 |
| MEMS & Nanotechnologie.....   | 117 |
| Management nicht-erneuerbarer und erneuerbarer Ressourcen.....                              | 119 |
| Management und Organisation von Arbeit.....   | 121 |
| Maschinen für die Energiewende.....   | 123 |
| Masterarbeit SEPM.....  | 125 |
| Materials for Aerospace Applications.....   | 127 |
| Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen.....                                       | 131 |
| Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision.....                      | 133 |
| Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme.....   | 135 |
| Multiscale Mechanics of Materials.....  | 137 |
| Nachhaltige Produktentwicklung.....   | 139 |
| Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen.....                       | 141 |
| Numerical Gasdynamics for Propulsion and Power.....   | 143 |
| Offroad Maschinen: Systemanalyse.....   | 145 |
| Plastizität und Materialschädigung.....   | 147 |
| Polymer Process Engineering.....  | 149 |
| Process Design.....   | 151 |
| Product Lifecycle Management.....   | 153 |
| Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme.....                                     | 155 |
| Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie.....                   | 157 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Projektmanagement im Anlagenbau.....   | 159 |
| Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik.....                               | 161 |
| Prozessführung und Optimalsteuerung.....                                       | 163 |
| Reaktortheorie.....  | 165 |
| Schadensanalyse.....   | 167 |
| Service Engineering.....   | 169 |
| Simulation der Strömung in Turbomaschinen.....                                 | 171 |
| Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten.....          | 173 |
| Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe.....           | 175 |
| Strategisches Management und Unternehmensführung.....                          | 177 |
| Surface Science and Corrosion.....   | 178 |
| Technische Innovationen.....   | 180 |
| Technologie der Polymere.....  | 182 |
| Thermodynamik der Gemische.....  | 183 |
| Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users)..... | 185 |
| Turbomaschinen.....  | 187 |
| Turbulenzmodellierung.....   | 189 |
| Umweltrisiken.....   | 191 |
| Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken.....                               | 194 |
| Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung.....                                  | 196 |
| Verschleißschutztechnologie.....   | 198 |
| Vertriebsmanagement und -controlling.....                                      | 200 |
| Werkstoffe der Energietechnik.....   | 202 |
| Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung.....    | 204 |

---

## Übersicht nach Modulgruppen

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

### **1) Internationales Vertriebs-, Produkt- und Servicemanagement M.Sc. SEPM, ECTS: 25**

|  |     |
|--|-----|
| Forschungsmethoden (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                   | 80  |
| Industriegütermarketing (5 ECTS, jedes Sommersemester).....              | 98  |
| Service Engineering (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                  | 169 |
| Technische Innovationen (5 ECTS, jedes Wintersemester).....              | 180 |
| Vertriebsmanagement und -controlling (5 ECTS, jedes Sommersemester)..... | 200 |

### **2) Ingenieurwissenschaftliche Vertiefung M.Sc. SEPM, ECTS: 15**

PO 2021

|   |     |
|---|-----|
| 3D-Simulation in der Automatisierungstechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                            | 11  |
| Additive Fertigung - Kunststoffe (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 13  |
| Additive Fertigung - Metalle (5 ECTS, jedes Sommersemester).....  | 15  |
| Advanced Characterisation Methods (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                                       | 17  |
| Advanced Materials Processing and Microfabrication (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                      | 19  |
| Angewandte Finite-Elemente-Methoden (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                                     | 25  |
| Computersimulation von Fluidströmungen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                                  | 50  |
| Demand and Supply in Energy Markets (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                                     | 54  |
| Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....      | 58  |
| Embedded Systems (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 64  |
| Energy Systems Analysis (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 72  |
| Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering (5 ECTS, jedes Sommersemester).....           | 85  |
| Gasdynamik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 87  |
| Geothermal Energy Systems (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 93  |
| Integrierte Hochdruckverfahren (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 100 |
| Introduction to Three-dimensional Materials Characterization Techniques (5 ECTS, jedes Wintersemester)..... | 102 |
| Kernkraftwerkstechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 106 |

---

---

|  |     |
|--|-----|
| Laserfertigungstechnik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 110 |
| Lasermesstechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 114 |
| Materials for Aerospace Applications (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                                   | 127 |
| MEMS & Nanotechnologie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 117 |
| Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                           | 135 |
| Multiscale Mechanics of Materials (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                                      | 137 |
| Offroad Maschinen: Systemanalyse (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                                       | 145 |
| Nachhaltige Produktentwicklung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 139 |
| Product Lifecycle Management (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 153 |
| Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                            | 161 |
| Reaktortheorie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 165 |
| Simulation der Strömung in Turbomaschinen (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                              | 171 |
| Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten (5 ECTS, jedes Sommersemester).....       | 173 |
| Simulationstechnik in der Produktherstellung (5 ECTS, jedes Sommersemester)                                |     |
| Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe (5 ECTS, jedes Sommersemester).....        | 175 |
| Thermodynamik der Gemische (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 183 |
| Turbomaschinen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 187 |
| Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                               | 196 |
| Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                            | 194 |
| Verschleißschutztechnologie (5 ECTS, jedes Sommersemester).....  | 198 |
| Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung (5 ECTS, jedes Wintersemester)..... | 204 |
| Werkstoffe der Energietechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 202 |

### 3) MINT-Module M.Sc. SEPM, ECTS: 10

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))

Advanced Systems Engineering (5 ECTS, jedes Wintersemester)..... 21

Advanced Topics of Experimental Micromechanics and Microtribology (5 ECTS, jedes Wintersemester)..... 23

---

# Inhaltsverzeichnis

---

|  |     |
|--|-----|
| Angewandte Finite-Elemente-Methoden (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                              | 25  |
| Arbeits- und Anlagensicherheit (3 ECTS, jedes Wintersemester).....                                   | 29  |
| Auslegung von Triebwerks- und Gasturbinenverdichtern (3 ECTS, jedes Sommersemester)                  |     |
| Biomechanik (5 ECTS, jedes Semester).....  | 35  |
| Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....           | 33  |
| Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder (3 ECTS, jedes Wintersemester).....        | 37  |
| Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock (5 ECTS, jedes Wintersemester).....               | 43  |
| CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus Industrieprozessen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....              | 41  |
| Computational Fracture Mechanics (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                                 | 46  |
| Computeranwendungen in der Prozessentwicklung (5 ECTS, ).....  | 48  |
| Computersimulation von Fluidströmungen (5 ECTS, jedes Sommersemester)                                |     |
| Dampfturbinen für heutige und künftige Energiesysteme (5 ECTS, jedes Sommersemester)                 |     |
| Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling (5 ECTS, jedes Wintersemester)..... | 52  |
| Dynamic Structures and Active Control (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                            | 56  |
| Einführung in die Rheologie (5 ECTS, ).....  | 60  |
| Elektrifizierte Fahrzeugantriebe (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                                 | 62  |
| Energieaufwendungen und Ökobilanzierung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                          | 66  |
| Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase (5 ECTS, jedes Wintersemester).....           | 68  |
| Energiespeichertechnologien und -anwendung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                       | 70  |
| Entwicklung von Motormanagementsystemen (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                          | 74  |
| Finite Deformationen und nichtlineare FEM (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                        | 76  |
| Finite Elemente Technologie (5 ECTS, jedes Wintersemester).....                                      | 78  |
| Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie (5 ECTS, ).....                                  | 82  |
| Funktionelle Schichtverbunde für die Energietechnik (4 ECTS, )                                       |     |
| Gasesstechnik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....  | 89  |
| Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies (5 ECTS, jedes Wintersemester).....      | 91  |
| Kontinuumsmechanik (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 108 |
| Lasermedizintechnik (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 112 |
| Lasertechnik (5 ECTS, ).....   | 116 |
| Luftqualität (5 ECTS, jedes Sommersemester)  |     |
| Management nicht-erneuerbarer und erneuerbarer Ressourcen (3 ECTS, jedes Wintersemester).....        | 119 |

---



|   |     |
|---|-----|
| Management und Organisation von Arbeit (5 ECTS, jedes Semester).....  | 121 |
| Maschinen für die Energiewende (3 ECTS, jedes Sommersemester).....  | 123 |
| Materials for Aerospace Applications (5 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 127 |
| Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen (3 ECTS, ).....  | 131 |
| Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision (2 ECTS, siehe<br>Lehrveranstaltung(en)).....         | 133 |
| Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen (3 ECTS, jedes Sommersemester)....                     | 141 |
| Numerical Gasdynamics for Propulsion and Power (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                                      | 143 |
| Plastizität und Materialschädigung (5 ECTS, jedes Sommersemester).....  | 147 |
| Polymer Process Engineering (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 149 |
| Process Design (3 ECTS, ).....  | 151 |
| Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme (5 ECTS, jedes Sommersemester).....                                  | 155 |
| Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie (5 ECTS, ).....                                    | 157 |
| Projektmanagement im Anlagenbau (3 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 159 |
| Prozessführung und Optimalsteuerung (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 163 |
| Prozesssimulation energietechnischer Anlagen (5 ECTS, jedes Wintersemester)   |     |
| Schadensanalyse (5 ECTS, jedes Sommersemester).....   | 167 |
| Surface Science and Corrosion (5 ECTS, jedes Wintersemester).....   | 178 |
| Technologie der Polymere (3 ECTS, jedes Wintersemester).....  | 182 |
| Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users) (5 ECTS, siehe<br>Lehrveranstaltung(en))..... | 185 |
| Turbulenzmodellierung (5 ECTS, ).....   | 189 |
| Umweltrisiken (5 ECTS, siehe Lehrveranstaltung(en)).....  | 191 |
| Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung (5 ECTS, jedes<br>Wintersemester).....           | 204 |

#### **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 Wintersemester).....   | 39 |
| Gewerblicher Rechtsschutz: Patentwesen in den Ingenieurwissenschaften (5 ECTS, jedes<br>Semester)..... | 96 |

Klbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz (5 ECTS, jedes Semester)..... 104

Strategisches Management und Unternehmensführung (5 ECTS, jedes Sommersemester)..... 177

**5) Fachwissenschaftliche Arbeit M.Sc. SEPM, ECTS: 0 - 30**

Masterarbeit SEPM (30 ECTS, jedes Semester)..... 125

---

| <b>3D-Simulation in der Automatisierungstechnik</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| 3D-Simulation in Automation  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) 3D-Simulation in der<br>Automatisierungstechnik   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter<br>a) Dr.-Ing. Alfred Hypki   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Die vorherige erfolgreiche Teilnahme am Modul Grundlagen der<br>Automatisierungstechnik ist keine Voraussetzung, aber ggf. hilfreich.   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>a)<br>Nach einer allgemeinen Einführung in die Anforderungen und Möglichkeiten der 3D-Simulation in der<br>Automatisierungstechnik erlernen die Studierenden die verschiedenen Schritte, die sich von der Idee<br>über die Modellierung der Arbeitszelle und Programmierung der Automatisierungskomponenten bis zur<br>Virtuellen Inbetriebnahme erstrecken.<br><br>Ein besonderes Augenmerk wird in dieser Vorlesung auf die Industrielle Robotik gelegt, die in zahlreichen<br>Beispielen und Anwendungen thematisiert wird.<br><br>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-,<br>Programmierungs- und Simulationsaufgaben mit einem kommerziell verfügbaren und industriell<br>eingesetzten 3D-Robotersimulations- und Offline-Programmiersystem. |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Additive Fertigung - Kunststoffe</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Additive Manufacturing - Polymers   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Additive Fertigung - Kunststoffe   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Jan Sehr<br>a) Prof. Dr.-Ing. Jan Sehr  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>a)<br>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 fertigmachen 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><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Klausur 'Additive Fertigung - Kunststoffe' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>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**

| <b>Additive Fertigung - Metalle</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Additive Manufacturing – Metals  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Additive Fertigung – Metalle  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Jan Sehr<br>a) Prof. Dr.-Ing. Jan Sehr   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>a)<br>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 fertigmachen 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><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**



| <b>Advanced Characterisation Methods</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Advanced Characterisation Methods   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Advanced Characterisation Methods  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Tong Li<br>a) Dr. rer. nat. Christoph Somsen, Apl. Prof. Jan Frenzel, Prof. Dr. Tong Li  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>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.   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Studierenden sind nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• die wichtigsten Methoden der skalenübergreifenden Charakterisierung von Werkstoffgefügen gezielt einzusetzen und die Ergebnisse auszuwerten.</li> <li>• 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.</li> <li>• in aktuellen Fachzeitschriften veröffentlichte Ergebnisse zur lokalen chemischen Zusammensetzung und zu Materialstrukturen im Nanobereich zu verstehen und zu bewerten.</li> <li>• Mikrostrukturen skalenübergreifend wahrzunehmen und dabei insbesondere Informationen auf atomaren Skala und der nano- und mikrostrukturellen Ebene mit makroskopischen Werkstoffeigenschaften in Beziehung zu setzen.</li> <li>• Kristallorientierungen bzw. Kristallstrukturen aus Elektronenbeugungsdaten sicher abzuleiten.</li> <li>• Kristalldefekte, wie Versetzungen und planare Fehler (die das mechanische Werkstoffverhalten bestimmen) hinsichtlich aller wichtigen Parameter zu analysieren (gb-Analyse).</li> <li>• Ergebnisse zur lokalen Legierungschemie, aus Untersuchungen an Elektronenmikroskopen und an der Atomsonde richtig einzuordnen und auszuwerten.</li> <li>• moderne Computerprogramme zur Analyse von Daten zu nutzen, die bei der Elektronenmikroskopie (Bildanalyse und Analyse von Defekten) bzw. bei der Atomsondentomographie (Bildanalyse und Analyse der lokalen Legierungschemie anfallen) erfasst werden.</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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 Atomsondentomographie (3D-APT).

Dieses Modul wendet sich an fortgeschrittene Studierende und vermittelt vertiefte Kenntnisse im Bereich der Rasterelektronenmikroskopie (REM), der Durchstrahlungselektronenmikroskopie (TEM) und der 3D-Atomsondentomographie (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, Versetzungsdichten, 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>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<br>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<br>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   |                |                 |                    |                      |                       |
| - Einführung in die Calphad-Methode ( <i>Calculation of Phase Diagrams</i> )   |                |                 |                    |                      |                       |
| - Theoretische Grundlagen und Verwendung eines Calphad-Programms   |                |                 |                    |                      |                       |
| - Theoretische Betrachtung von Erstarrungsvorgängen im thermodynamischen Gleichgewicht und auf der Grundlage des Scheil-Gulliver-Modells   |                |                 |                    |                      |                       |
| - 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>   |                |                 |                    |                      |                       |

- 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-Fe<sub>3</sub>C-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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

### Sonstige Informationen

| <b>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<br>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 Engineerings 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

---

**Sonstige Informationen**

---

| <b>Advanced Topics of Experimental Micromechanics and Microtribology</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Advanced Topics 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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Advanced Topics 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<br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

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.



| <b>Angewandte Finite-Elemente-Methoden</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. J. Scholten<br>a) Prof. Dr.-Ing. Sebastian Bauer   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Die erfolgreiche Teilnahme des Moduls Offroad-Maschinen: Systemanalyse wird empfohlen.  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage für die Verifikation neuer Produkte die relevanten struktur- werkstoffmechanischen Fragestellungen selbständig 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a)<br>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 Strukturmechanik 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Angewandte Finite-Elemente-Methoden</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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           | 8. Sem.            | 1 Semester           | keine<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. J. Scholten  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Sebastian Bauer   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Die erfolgreiche Teilnahme des Moduls Offroad-Maschinen: Systemanalyse wird empfohlen.  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage für die Verifikation neuer Produkte die relevanten struktur- werkstoffmechanischen Fragestellungen selbständig 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 Strukturmechanik 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Arbeits- und Anlagensicherheit</b>  |                        |                         |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Occupational and Plant Safety  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>3 LP | <b>Workload</b><br>90 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Arbeits- und Anlagensicherheit  |                        |                         | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 2 SWS (30 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 60 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald<br>a) Dr.-Ing. J. Neumann   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Die Vorlesung findet an der TU Dortmund statt.<br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können/haben Studierende <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> |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausur 'Arbeits- und Anlagensicherheit' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> <li>• Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung ist eine Teilnahme von mindestens 9 Veranstaltungsterminen an der TU Dortmund. Die Anwesenheit wird in jeder Veranstaltung überprüft.</li> </ul>   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>MSc. Umweltingenieurwesen  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Stellenwert der Note für die Endnote</b><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).<br>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.   |                        |                         |                                       |                                 |  |

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

| <b>Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit)</b>  |                        |                         |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Occupational Science (including Occupational Safety)   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>3 LP | <b>Workload</b><br>90 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>Semester        | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit)  |                        |                         | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 2 SWS (30 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 60 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>PD Dr.-Ing. C. Treier<br>a) PD Dr.-Ing. C. Treier   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen Grundlagen angrenzender, für den Maschinenbau relevanter Ingenieurwissenschaften und organisatorische Aspekte.</li> <li>• Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>• Ferner verfügen die Studierenden über fachübergreifende Methodenkompetenz.</li> </ul>  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundprinzipien und Bedeutung der Arbeitswissenschaft (Arbeitssystem, Belastung- Beanspruchung)</li> <li>• Physiologische und psychologische Grundlagen</li> <li>• Rolle und Bedeutung von „Humannormen“</li> <li>• Transfer arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse in Gestaltungsfelder (Interface: Mensch(en) – technisches System)</li> <li>• Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeitsplätzen/-systemen</li> <li>• Einführung in die arbeitssystemorientierte Prozessanalyse und –gestaltung</li> <li>• Sicherheitsgerichtete Perspektiven bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen/-systemen</li> <li>• Gesetzliche Rahmenbedingungen mit arbeitswissenschaftlichen Inhalten</li> <li>• Grundlagen der betrieblichen Arbeitsorganisation</li> <li>• Arbeitswissenschaftliche Kernelemente moderner Managementsysteme (Prozessorientierung, kontinuierliche Verbesserung, "Gerichtsfestigkeit")</li> <li>• Organisatorische Bausteine des Arbeits- und Gesundheitsschutzes und deren Integration in ein umfassendes (Sicherheits-) Management.</li> </ul> |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Blockseminar / Deutsch   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                        |                         |                                       |                                 |  |

• Klausur 'Arbeitswissenschaft (einschließlich Arbeitssicherheit)' (60 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

---

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

---

**Verwendung des Moduls**

keine Angabe

---

**Stellenwert der Note für die Endnote**

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.

---

**Sonstige Informationen**

---



| <b>Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Chemical Process Design Examples   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Beispiele der simulationsgestützten<br>Prozessentwicklung   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald<br>a) Dr.-Ing. Maria Polyakova  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: abgeschlossenes Modul „Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung“  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesse zur Herstellung chemischer Produkte entwickeln und deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft einschätzen</li> <li>• den notwendigen Informationsbedarf für diese Aufgaben erkennen, Informationsquellen finden und diese Informationen beschaffen</li> <li>• 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</li> <li>• sich selbstständig und systematisch in kurzer Zeit in neue Aufgaben einarbeiten</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>In der Lehrveranstaltung werden Simulationsmethoden für komplexe Prozesse der chemischen Industrie vermittelt. Dazu werden insbesondere nachfolgende Themen adressiert: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgaben von und Voraussetzungen für erfolgreiche Prozesssimulation</li> <li>• Simulationstypen und deren Vor- und Nachteile</li> <li>• Kriterien zur Auswahl von Modellen für die Abbildung gängiger Unit Operations sowie die benötigte Datengrundlage und Grenzen der Modelle</li> <li>• Lösungsstrategien für komplexe Rückführungen</li> <li>• Prozess Analysis Tools wie Sensitivitätsanalysen, Design Specs und Optimierung</li> <li>• Simulationstechnische Möglichkeiten der Wärme- und Ressourcenintegration</li> </ul>                   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Mündlich 'Beispiele der simulationsgestützten Prozessentwicklung' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Gruppenprüfung)   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |

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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Biomechanik</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Biomechanics  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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           | keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Synthese biomechanischer Konstruktionen  |                |                 | a) 2 SWS (30 h)    | a) 45 h              | a) jedes SoSe         |
| b) Analyse biomechanischer Systeme  |                |                 | b) 2 SWS (30 h)    | b) 45 h              | b) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Beate Bender   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Ulrich Witzel   |                |                 |                    |                      |                       |
| b) Prof. Dr.-Ing. Ulrich Witzel   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Keine   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b><u>Synthese biomechanischer Konstruktionen</u></b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen Studierende die Bedeutung biologischen Leichtbaus durch biege- und spannungsmindernde Zuggurtungen und Spannungshomogenisierung</li> <li>• wenden Studierende das Gesetz der kausalen Histogenese zum Verständnis der Entstehung verschiedener Gewebe an</li> <li>• implementieren Studierende biomechanische Synthesen mit der Methode der finiten Elemente in Rechnern und visualisieren und bewerten die Ergebnisse</li> <li>• klassifizieren und kombinieren Studierende interdisziplinär Wissen aus Ingenieurwissenschaften, Biologie und Medizin</li> <li>• leiten Studierende aus biomechanischen Gesetzen Synthesen biomechanischer Konstruktionen ab</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b><u>Analyse biomechanischer Systeme</u></b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen Studierende den Einfluss mechanischer Spannungen auf biologische Strukturen im Rahmen der Ontogenese und Phylogenese</li> <li>• wenden Studierende Wissen über Anatomie und Bionik an, um biomechanische Systeme zu modellieren</li> <li>• analysieren Studierende biomechanische Modelle mit der Methode der finiten Elemente, implementieren dies in Rechnern und visualisieren und bewerten die Ergebnisse</li> <li>• klassifizieren und kombinieren Studierende interdisziplinär Wissen aus Ingenieurwissenschaften, Biologie und Medizin</li> <li>• leiten Studierende aus biomechanischen Gesetzen Anwendungen für konkrete Problemlösungen ab</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |

- 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 biegungsarme 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 Schädelanalysen, 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

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

| <b>Bioökonomie und Circular Economy: Konzepte und Weltbilder</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Bioeconomy and Circular Economy - Concepts and Worldviews  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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  |
| <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       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Christian Doetsch<br>a) Dr. rer. nat. Thomas Marzi   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Interesse an interdisziplinären Perspektiven auf ingenieurwissenschaftliche Themen   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>a)</p> <p>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.</p> <p>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</p>                                |                |                 |                    |                      |                     |

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 [%] =  $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Business Development</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Business Development  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8./9. Sem.         | <b>Dauer</b><br>Semester        | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Business Development   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 94 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner<br>a) Prof. Dr.-Ing. Manfred Renner   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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 Erlernete wird an konkreten Beispielen erläutert.<br><br>Die Einbringung Ihrer fachlichen Kompetenzen ist gewünscht, um in möglichst interdisziplinären Gruppen aktiv Fallbeispiele bzw. Szenarien zu bearbeiten, zu diskutieren und zu präsentieren.<br><br>Grundlagen der Betriebswirtschaft und/oder der Wirtschaftswissenschaften und des technischen und nichttechnischen Produktdesigns sind vorteilhaft.   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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.<br><br>Das Erlernete soll in Gruppenarbeiten mit Hilfe realitätsnaher Szenarien und Beispielen gefestigt werden.<br><br>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.<br><br>Diese Veranstaltung eignet sich für Masterstudierende der Fachrichtungen Maschinenbau und Sales Engineering and Product Management |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Vorlesung mit Übung / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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> |
|-------------------------------|



| <b>CO#-Abscheidung aus Industrieprozessen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| CO# 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<br>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. Martin Schiemann   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Zielsetzung: Die Vorlesung vermittelt ein Grundverständnis über CO <sub>2</sub> als Treibhausgas und zugehörige CO <sub>2</sub> -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 CO <sub>2</sub> -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)<br>Aufbauend auf der Definition, den Ursachen und Auswirkungen von Klimawandel werden Arten von CO <sub>2</sub> -Quellen und alternative Energieträger betrachtet. Das Konzept der CO <sub>2</sub> -Abtrennung und Speicherung wird erläutert. Technische Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -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 CO <sub>2</sub> 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 'CO <sub>2</sub> -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.

**Sonstige Informationen**

| <b>Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstock  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Chemical Energy Storage and Carbon-Based Feedstocks  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Thomas Ernst Müller<br>a) Dr. rer. nat. Berthold Fischer   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Empfohlen sind Vorkenntnisse in Chemie   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br><p>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 extent 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.</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>Understanding of the different types of carbon-based feedstocks and the application and industry where they are most suitable.</p> <p>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.</p> <p>After successful completion of the module students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• have enhanced subject and method competences in the area of chemical energy storage and carbon-based feedstocks</li> <li>• be familiar with current developments and technical principles in the area of chemical energy storage and carbon-based feedstocks</li> <li>• 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</li> <li>• assess and discuss thermodynamic and kinetic aspects of chemical energy storage and carbon-based feedstocks</li> <li>• explain, estimate and calculate potentials, energy densities and efficiencies of storage technologies and concepts</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |

- 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, cellulose, 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. unbenotet, Bei einer Teilnehmerzahl unter 10 kann die Prüfung mündlich durchgeführt werden If the number of participants is less than 10, the examination may be conducted orally)
- Gehaltener Fachvortrag (wahlweise Deutsch oder Englisch) zu einem technischen Verfahren (Anteil der Modulnote 100 %, ca. 20-25 Minuten, Themen und Termine werden im Rahmen der Übung zur Lehrveranstaltung festgelegt)

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

- Passed final module exam: written exam
- Presentation on a technical process (topics and dates will be determined in the course)

**Verwendung des Moduls**

M. Sc. Mechanical Engineering

M. Sc. Sales Engineering and Product Management

M. Sc. 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**

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

Lecture English and German, exercises preferably German but also English possible

| <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<br>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>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <p>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.</p> |                |                 |                    |                      |                       |
| <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 loading situations  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausur 'Computational Fracture Mechanics' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> <li>• 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>   |                |                 |                    |                      |                       |
| MSc. Maschinenbau  |                |                 |                    |                      |                       |

MSc. Materials Science and Simulation

**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>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) Prof. 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)   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>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.</p> <p>Das Seminar erläutert zunächst die theoretischen Grundlagen von Trennprozessen und greift anschließend die Modellierung thermodynamischer 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.</p> |                |                 |                    |                      |                     |
| <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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>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<br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Data Science im Ingenieurwesen: Theorie, Praxis und Storytelling</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Data Science in Engineering: Theory, Practice, and Storytelling   |                |                 |                    |                      |                     |
| <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           | 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Demand and Supply in Energy Markets</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Demand and Supply in Energy Markets   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Recommended prior knowledge: Basic knowledge of energy economics, such as that covered in the B.Sc. module Energy Economics. Furthermore, solid prior knowledge of investment appraisal is advantageous. For participation in the exercises, a (mobile) computer with a spreadsheet program (e.g. Excel) is advantageous.   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| After successful completion of this module the students are able to:  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• name different types of energy markets and explain their purpose and functionality.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• apply the concepts learnt to complex case studies, analyse and interpret the corresponding results and draw conclusions for the transformation of the energy system.</li> <li>• work independently in project groups and present results of their group work in an understandable way.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| Moreover, the students will have  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• developed the ability to think in a networked and critical way and are able to select and apply established methods and procedures,</li> <li>• acquired in-depth and interdisciplinary methodological competence and are able to apply it in a situationally appropriate manner.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| The students practice scientific learning and thinking and can  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop complex problems in technical systems in a structured way and solve them in an interdisciplinary way using suitable methods,</li> <li>• transfer knowledge/skills to concrete systems engineering problems.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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.

### Lehrformen / Sprache

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

### Prüfungsformen

- Klausur 'Demand and Supply in Energy Markets' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, onsite or online)
- Course-related tasks: Group work (40 hours, deadlines will be announced at the beginning of the semester) (If the group work is completed before the final module exam, optional bonus points are possible for the exam).

### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

- Passed written exam (Note: The grade is based on the written exam only)
- Successful completion of the group work (details will be announced at the beginning of the semester)

### 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

| <b>Dynamic Structures and Active Control</b>   |                        |                          |                                       |                                  |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| Dynamic Structures and Active Control  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester       | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Dynamic Structures and Active Control   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 3 SWS (45 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 105 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Tamara Nestorovic<br>a) Prof. Dr. Tamara Nestorovic   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Basic knowledge of control systems is of advantage  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• have basic knowledge in behavior and modeling of piezoelectric materials for applications in smart structures and active systems</li> <li>• 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)</li> <li>• are able to perform the model-based system analysis in time and frequency domain</li> <li>• are able to design basic control structures with compensator and feedback gain systems</li> <li>• are able to independently simulate control systems (PID and pole placement controller)</li> <li>• have knowledge in discrete-time control systems</li> <li>• are able to use Matlab/Simulink software and toolboxes for the control system analysis, design and simulation</li> </ul>  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

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

| <b>Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Thin Films & High Throughput Methods in Materials Science   |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Dünne Schichten und Hochdurchsatzmethoden in der Materialforschung   |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig  |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Es werden keine formalen Teilnahmevoraussetzungen gemacht. Die Vorlesung baut aber auf Grundlagenvorlesungen im Bereich Werkstoffe und Microengineering auf.  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können zwischen den unterschiedlichen Herstellungsverfahren dünner Schichten unterscheiden und verstehen die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methoden.</li> <li>• Sie können Beschichtungsprozesse für Anwendungsfälle entwerfen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Konzepte der kombinatorischen Materialforschung und von Hochdurchsatz-Experimenten.</li> <li>• Sie können Materialbibliotheken und Hochdurchsatzexperimente für ein gegebenes Problem entwickeln.</li> <li>• Die Studierenden können entscheiden, welche Hochdurchsatz-Charakterisierungsverfahren sinnvoll eingesetzt werden können.</li> <li>• Sie können Möglichkeiten der Digitalisierung in der Materialforschung, u.a. im Hinblick auf automatisierte Experimente, beurteilen.</li> <li>• Im Rahmen der Übungen praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken und übertragen die Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| 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.  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungen dünner Schichten</li> <li>• Überblick zu verschiedenen Herstellungstechniken von dünnen Schichten (PVD, CVD, ...)</li> <li>• Einfluss der Herstellungs- und Prozessierungsparameter auf die Eigenschaften der Schichten.</li> <li>• Charakterisierungsmethoden für dünne Schichten</li> <li>• Kombinatorische Materialentwicklung mit Hilfe dünner Schichten</li> <li>• Experimentelle Hochdurchsatzverfahren</li> <li>• Herstellung und Charakterisierung von Dünnschicht-Materialbibliotheken</li> <li>• Materialinformatik (Forschungsdatenmanagement, machine learning, data mining)</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                     |

- Datenvisualisierung in Form von Zusammensetzungs-Prozessierung-Struktur- Funktions-Diagrammen

**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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Einführung in die Rheologie</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Introduction to Rheology  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr.-Ing. Vincent Bürk  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden die Grundlagen der Rheologie, die Grundtypen des Fließverhaltens und die damit verbundenen physikalischen Größen.</li> <li>• beherrschen die Studierenden die Theorie über das Fließverhalten verschiedener Stoffe und kennen die technischen Schwierigkeiten beim Umgang mit nicht-wasserähnlichen Flüssigkeiten.</li> <li>• 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.</li> <li>• lösen Studierende komplexe Strömungsprobleme in physikalischen Systemen mit geeigneten mathematischen Methoden.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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-Newtonsche 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.   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mündlich 'Einführung in die Rheologie' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> <li>• PowerPoint und Tafelvortrag</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Elektrifizierte Fahrzeugantriebe</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Electrified Drivetrains  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Elektrifizierte Fahrzeugantriebe  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 120 h             | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. Peter Tenberge  |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Dr.-Ing. A. Docter  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| 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.   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden in der Lage, eine grundlegende Auslegung der Komponenten einer elektrischen Antriebseinheit anhand eines gegebenen Lastenkatalogs für eine Fahrzeuganwendung zu entwickeln.</li> <li>• können die Studierenden das dynamische Verhalten von elektrifizierten Antriebssträngen abschätzen.</li> <li>• können die Studierenden die Kennfelder der Wandlungswirkungsgrade von Batterien, Leistungselektronik und elektrischen Maschinen und ihre Parameterabhängigkeiten bewerten und können Betriebsstrategien entwerfen.</li> <li>• können die Studierenden die Anforderungen an den Antriebsstrang hinsichtlich der sensiblen Geräuschsituation in einem Elektrofahrzeug bewerten.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| 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, der 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 praxiserichte 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Embedded Systems</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Embedded Systems   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Eine erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Grundlagen der Regelungstechnik und Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik des Bachelor-Studiengangs wird empfohlen.  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• können die Studierenden eingebettete Systeme entwerfen und Validierungstechniken auswählen und nutzen.</li> <li>• verfügen die Studierenden über die Fähigkeit, Schnittstellen, Protokolle zur Umsetzung von Echtzeitanforderungen zu entwerfen.</li> <li>• können die Studierenden die Methoden für zeitdiskrete Systeme zur Modellierung und Programmierung von eingebetteten Systemen auswählen, anwenden und miteinander kombinieren.</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)   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über kommerziell verfügbare Hardware zur Umsetzung von Einbaurechnern und Darstellung des Mangels an Standardisierung im Bereich Embedded Systems</li> <li>• Klassifizierung verschiedener Typen von Hardware wie Mikrokontroller oder programmierbare logische Schaltungen, hinsichtlich ihrer rechnerischen Leistungsfähigkeit, ihrer elektrischen Leistungsaufnahme, ihrer Baugröße, ihrer Verlässlichkeit und ihres Preises</li> <li>• Methoden zur der Komplexität unterschiedlicher steuerungs- und regelungstechnischer Aufgaben und Ableitung von Entscheidungshilfen für die Wahl geeigneter eingebetteter Systeme</li> <li>• Entwurfsansätze und –werkzeuge im Kontext zu Validierungstechniken</li> <li>• Schnittstellen, Protokolle und Echtzeitanforderungen</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |



|  |
|--|
| <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>   |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Klausur 'Embedded Systems' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)   |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>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></ul>   |
| <b>Stellenwert der Note für die Endnote</b><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).<br>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden. |
| <b>Sonstige Informationen</b>  |

| <b>Energieaufwendungen und Ökobilanzierung</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Energy Consumption and Life Cycle Assessment  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr.-Ing. Julian Röder  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können die Methoden zur Bilanzierung kumulierter Energieaufwendungen und der Ökobilanzierung anwenden.</li> <li>• Sie verfügen über grundlegende Kenntnisse der Entstehungsmechanismen von energiebedingten Luftschadstoffen und Klimagasen. Sie können die Methoden und Verfahren der Ökobilanzierung einschätzen und anwenden.</li> <li>• Sie können das entsprechende Fachvokabular interpretieren.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• lösen Studierende komplexe ökobilanzielle Problemstellungen physikalischer Systeme fachübergreifend mit geeigneten Methoden,</li> <li>• nutzen Studierende vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenzen</li> <li>• differenzieren Studierende die erlangten Erkenntnisse und übertragen diese auf konkrete und neue Problemstellungen,</li> <li>• validieren Studierende die komplex modellierten Systeme sowie die damit bearbeiteten Fragestellungen und überführen sie in eigene Ansätze,</li> <li>• 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</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a)  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die durch die Energieumwandlung bedingten Emissionen und ihre Minderungsmöglichkeiten sowie Grundlagen der Ökobilanzierung</li> <li>• Stoffstromanalyse, Prozesskettenanalyse, Lebenszyklusanalyse</li> <li>• Kumulierter Energieaufwand und kumulierte Emissionen</li> <li>• Entstehung von Luftschadstoffen und Klimagasen</li> <li>• Ausbreitung von Luftschadstoffen</li> <li>• Gesundheitliche Auswirkungen, Umweltauswirkungen</li> <li>• Grenzwerte</li> <li>• Methodisches Vorgehen der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment)</li> <li>• Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |

- weitere ökologische Bewertungsverfahren

Die begleitende Übung vertieft den Stoff durch Rechenaufgaben. Weiterhin erarbeiten die Studierenden vorlesungsbegleitend eine ökobilanzielle Fallstudie, führen Analysen durch und fassen die Erkenntnisse prägnant zusammen.

#### **Lehrformen / Sprache**

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

#### **Prüfungsformen**

- Klausur 'Energieaufwendungen und Ökobilanzierung' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Bei einer Teilnehmerzahl  $\leq 10$  Teilnehmer\*innen kann die Prüfung auch mündlich durchgeführt werden)
- Fallstudie zur Erreichung von Bonuspunkten für die Klausur (Abgabefristen werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben); nach der 1. Wiederholungsprüfung verfallen die Bonuspunkte

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

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

#### **Verwendung des Moduls**

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

| <b>Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Energy Gases: Methane, Biogas, Hydrogen, Synthesis Gases  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase   |                |                 | a) 3 SWS (45 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. V. Scherer   |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Prof. Dr.-Ing. V. Scherer  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Grundlegende Ingenieurkenntnis auf dem Gebiet der Strömungsmechanik und Festigkeitslehre<br>Basiskenntnisse Chemie und Operational Research Mathematische Kenntnisse in Analysis (Mathematik I u. II) und zu Differentialgleichungen Keine Teilnahmebeschränkungen<br>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 |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Die Studierenden kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts:   |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen,</li> <li>• exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung,</li> <li>• modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften und kennen Anwendungsbeispiele.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Ferner können die Studierenden  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe mathematische Problemstellungen in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen,</li> <li>• Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Die Studierenden haben  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage, etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden,</li> <li>• vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken.   |                |                 |                    |                      |                     |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen Studierende:   |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen einer nationalen Energieversorgung und die wesentlichen Charakteristika der dazugehörigen Infrastruktur</li> <li>• die mit der Energiewende und nationalen/internationalen Klimaprogrammen (Green Deal) einhergehenden Herausforderungen</li> <li>• technische Lösungsalternativen einer nachhaltigen Energieversorgung</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                     |

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 Gasbeschaffenheit und von Energieinhalten. Es werden diverse Beispiele der Gasanwendung und der Integration Erneuerbarer Energie erläutert. Dabei kommt dem Erdgassystem (Leitungen) und Untertageteknik 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 strombasierten 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

### Sonstige Informationen

Die beiden Exkursionen sind Pflichtveranstaltungen (15h Kontaktzeit)

| <b>Energiespeichertechnologien und -anwendung</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Energy Storage Technologies and Applications   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Energiespeichertechnologien und -anwendung  |                |                 |                    | a) 90 h              | a) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Christian Doetsch<br>a) Prof. Christian Doetsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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 meistverwendeten sektoralen und cross-sektoralen Energiespeicher, ihre Vor- und Nachteile und Grenzen.</li> <li>• verstehen Studierende warum spezielle Technologien in bestimmten Anwendungen eingesetzt werden und können diesen Einsatz qualitativ bewerten</li> <li>• können Studierende das Wissen in der Form anwenden, dass sie selbständig geeignete Technologien für verschiedenen Einsatzszenarien vorschlagen können, sie können Energiespeicher dimensionieren, wichtige Kenngrößen berechnen und die Anwendung quantitativ bewerten.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <p>a)</p> <p>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 techno-ökonomische Situation dieser.</p> <p>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 techno-ökonomischen Gesichtspunkten.</p> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch / Englisch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| • Klausur 'Energiespeichertechnologien und -anwendung' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %)  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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 [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$                              |
| 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>   |

| <b>Energy Systems Analysis</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr. rer. pol. Valentin Bertsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Recommended prior knowledge: Basic knowledge of energy economics, such as that covered in the B.Sc. module Energy Economics. Furthermore, solid prior knowledge in operations research as well as investment appraisal are advantageous. Exercises are organised as computer tutorials. If possible, these take place in the CIP pool(s) on campus. If students want to work on the exercises outside the CIP pool hours, they need a (mobile) computer on which they can install an open-source energy system model, which is provided by the chair.  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| After successful completion of this module the students are able to  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• name categories of energy systems models and explain the methodological concepts behind the different categories.</li> <li>• explain and apply approaches for generating energy systems model input data in a structured way.</li> <li>• apply selected methods and models to practical problems (e.g. unit commitment optimisation).</li> <li>• interpret results from energy systems models and draw conclusions to support decision making.</li> <li>• discuss strengths and weaknesses of the methods and models used and to discuss and derive potential for improvement.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| Moreover, the students will have   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• developed the ability to think in a networked and critical way and are able to select and apply established methods and procedures,</li> <li>• acquired in-depth and interdisciplinary methodological competence and are able to apply it in a situationally appropriate manner.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| The students practice scientific learning and thinking and can   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop complex problems in technical systems in a structured way and solve them in an interdisciplinary way using suitable methods,</li> <li>• transfer knowledge/skills to concrete systems engineering problems.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a)   |                |                 |                    |                      |                       |
| Modelling and Simulation of Energy Systems   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction and overview of energy systems analysis</li> <li>• Fundamental optimisation models for power systems analysis</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |



- 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.

#### Lehrformen / Sprache

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

#### Prüfungsformen

- Klausur 'Energy Systems Analysis' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %, onsite or online)
- Assignments accompanying the course: Computer tutorials / exercises (details will be announced at the beginning of the semester).

#### Voraussetzungen für die Vergabe von Credits

- Passed written exam (Note: The grade is based on the written exam only)
- Successful completion of the computer exercises (details will be announced at the beginning of the semester)

#### 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

| <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<br>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. Thomas Ernst Müller<br>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</li> <li>• 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 Methodenkompetenzen erworben und können diese situativ angepasst anwenden.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <p>a)</p> <p>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</p>   |                |                 |                    |                      |                       |

zum Serieneinsatz dargestellt. In der Übung werden Funktionen von Motorsteuergeräten mit grafischen Programmierwerkzeugen von den Studierenden erstellt und mit Applikationssystemen parametrieren. 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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<br>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<br>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)<br>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 Gleichungssysteme; 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**

|   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| <b>Finite Elemente Technologie</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| Finite Element Technology   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Finite Elemente Technologie  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. rer. nat. K. Hackl<br>a) Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlagen der FEM   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Studierenden <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>                            |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Galerkin-Verfahren und FEM-Konzepte</li> <li>• Locking, Hourglassing</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> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b> <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>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur bzw. mündliche Prüfung  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>MSc. Maschinenbau   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Stellenwert der Note für die Endnote</b><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).  |                        |                          |                                       |                                 |  |

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|   |                        |                          |                                       |                                  |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| <b>Forschungsmethoden</b>   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| Research Methods  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester       | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Forschungsmethoden   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 3 SWS (45 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 105 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Jens Pöppelbuß<br>a) Prof. Dr. Jens Pöppelbuß  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Keine  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Studierende wissenschaftstheoretische Grundlagen erläutern und diese für ihre eigene Positionierung als Forschende anwenden.</li> <li>• können Studierende einen Überblick über typische Forschungsmethoden geben, die zur Erforschung betriebswirtschaftlicher, technischer, psychologischer und sozialer Fragestellungen im Bereich des Vertriebs-, Produkt- und Servicemanagements Anwendung finden.</li> <li>• können Studierende sich eigenständig eine Orientierung zum Stand der Forschung zu abgegrenzten Fragestellungen des Vertriebs-, Produkt- und Servicemanagements verschaffen und daraus Forschungsfragen oder -ziele ableiten.</li> <li>• können Studierende in Abhängigkeit von Forschungsfrage oder -ziel geeignete Forschungsmethoden auswählen und sich eigenständig notwendige Grundlagen zur Anwendung gewählter Forschungsmethoden erarbeiten.</li> <li>• haben Studierende Erfahrungen in der Anwendung einer gewählten Forschungsmethode gesammelt.</li> <li>• haben Studierende ihre Präsentationsfähigkeit weiterentwickelt, so dass sie die Ergebnisse ihres Forschungsprojekts verständlich erläutern und in den Stand der Forschung einordnen können.</li> <li>• können Studierende konstruktives Feedback zu den Forschungsprojekten anderer Studierender formulieren.</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaftstheoretische Grundlagen (inkl. Epistemologie und Ontologie)</li> <li>• Literaturanalysen</li> <li>• Qualitativ-empirische Forschungsmethoden</li> <li>• Quantitativ-empirische Forschungsmethoden</li> <li>• Experimente in den Wirtschafts- und Gesellschaftswissenschaften</li> <li>• Gestaltungsorientierte Forschung (Design Science Research) und Aktionsforschung (Action Research)</li> <li>• Wissenschaftliche Publikationspraxis und Publikationsorgane</li> </ul>  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Seminar / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                        |                          |                                       |                                  |  |



- Hausarbeit 'Forschungsmethoden' (30 Std., Anteil der Modulnote 100 %, Hausarbeit zu einem eigenen Forschungsprojekt (Gruppenleistung von zwei bis vier Studierenden, insgesamt 30 Stunden Workload pro Gruppenmitglied, Umfang: 15 Seiten zzgl. Literaturverzeichnis, Bearbeitungszeit acht Wochen, Abgabefristen werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben))
- Fachvortrag (Gruppenleistung, Dauer: 10 Minuten plus anschließende Diskussion von 10 Minuten; Workload: 15 Stunden; Termine werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Hausarbeit
- Bestandener Fachvortrag

**Verwendung des Moduls**

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**

| <b>Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| TEM (Advanced Users)  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie - Vorlesung  |                |                 | a) 2 SWS (30 h)    | a) 45 h              | a) jedes SoSe       |
| b) Fortgeschrittene Transmissionselektronenmikroskopie - Übungen  |                |                 | b) 2 SWS (30 h)    | b) 45 h              | b) jedes SoSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler  |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Prof. Gerhard Dehm   |                |                 |                    |                      |                     |
| b) Dr.-Ing. Christian Liebscher   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <u>Vorlesung</u>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <u>Zielsetzung:</u> 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.  |                |                 |                    |                      |                     |
| <u>Kompetenzen:</u> 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.  |                |                 |                    |                      |                     |
| <u>Übungen</u>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <u>Zielsetzung:</u> 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) hochaufgelöste, 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Fundamental Aspects of Materials Science and Microengineering   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler<br>a) Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler, Prof. Dr. Tong Li, Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| The students will learn:  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• to evaluate the thermodynamic parameters which stabilize solid solutions and which lead to the formation of ordered phases and heterogeneous particle/matrix systems.</li> <li>• to appreciate the role of microstructure in determining functional and structural materials properties in four case studies.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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).</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a)  |                |                 |                    |                      |                       |
| <p>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 today's 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.</p> <p>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</p>  |                |                 |                    |                      |                       |

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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Gasdynamik</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Gasdynamics   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Gasdynamics  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Romuald Skoda   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr.-Ing. Maximilian Paßmann  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Bachelor degree in Mechanical Engineering Fundamental of Fluid Mechanics (Grundlagen der Strömungsmechanik), ideally also Advanced Fluid Mechanics (Fortgeschrittene Strömungsmechanik).  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| After attending this module the student will understand state-of-the-art concepts and methods of gasdynamics and its applications in engineering sciences. The student will be in a position to analyse complex problems by selecting an appropriate approach to solving the problem and by applying well established solution methods. Additionally, the student will have the ability to transfer the learned skills into solving new problems. |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recapitulation of the basic concepts of fluid mechanics and thermodynamics</li> <li>• Conservation laws</li> <li>• Speed of sound and Mach-number</li> <li>• Normal and oblique shock waves</li> <li>• Expansion waves</li> <li>• Lift and drag in supersonic flow</li> <li>• Method of characteristics</li> <li>• Compressible potential flow</li> <li>• Numerical results</li> </ul>                |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| • Mündlich 'Gasdynamics' (20 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Oral exam in English or optionally in German)  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Passed module exam: Oral exam   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Verwendung des Moduls</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| MSc. Maschinenbau   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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.

---

**Sonstige Informationen**

Manuscripts for lecture and exercise are available in both English and German. Also, the entire module will be made available in German as a video stream via Moodle. Further literature will be recommended during the lecture.



| <b>Gasesstechnik</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Gas Measurement 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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Gasesstechnik  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes SoSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Roland Span  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr.-Ing. Peter Schley  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Definitionen der wichtigsten Gaskennwerte und verstehen die Relevanz in Bezug auf die verschiedenen Gasanwendungen.</li> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Messverfahren und können die Leistungsfähigkeit für den jeweiligen Anwendungsfall beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden können Messergebnisse auswerten und bewerten.</li> <li>• Die Studierenden können die Unsicherheit von Messergebnissen bestimmen und verstehen wie man Messunsicherheiten optimieren kann.</li> <li>• Die Studierenden können thermodynamische Zustandsgleichungen anwenden, vergleichen und beurteilen</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a)  |                |                 |                    |                      |                       |
| <p>Die Vorlesung Gasesstechnik 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.</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschaffenheit von Erdgas</li> <li>• Gasqualität / Gaskennwerte</li> <li>• Thermodynamische Zustandsgrößen</li> <li>• Messtechnik Volumen</li> <li>• Messtechnik Gasbeschaffenheit (Kalorimetrie / Chromatografie)</li> <li>• Metrologie, Messunsicherheit</li> <li>• Einspeisung von Wasserstoff aus „Power-to-Gas“ Anlagen</li> <li>• Gasbeschaffenheitsverfolgung</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |

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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Geothermal Drilling Engineering und Subsurface Technologies   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke<br>a) Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| 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“) |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of deep drilling systems</li> <li>• Drilling tooling</li> <li>• Well and casing stability</li> <li>• Site management skills</li> <li>• Mud circulation</li> <li>• LWD / MWD techniques</li> <li>• Reservoir characterisation and testing</li> </ul>                   |                |                 |                    |                      |                       |
| Fertigkeiten:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain the main methods and parameters of drilling technology</li> <li>• Describe potential drilling problems</li> <li>• Define the composition of the cost structure of a drilling project</li> <li>• Calculate casing designs</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Kompetenzen:  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop deep drilling and production concepts,</li> <li>• Explain the main methods and parameters of drilling technology,</li> <li>• Describe potential drilling problems,</li> <li>• Name major advanced drilling technologies,</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |

- 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

### **Sonstige Informationen**

| <b>Geothermal Energy Systems</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Geothermal Energy Systems   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8 Sem.             | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Geothermal Energy Systems  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke<br>a) Prof. Dr. rer. nat. Rolf Bracke  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>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“ („academic“)  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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.<br><br>Kenntnisse:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Components of a hydrothermal system</li> <li>• Methods of enhancing geothermal reservoirs</li> <li>• Reservoir principles for thermal water generation</li> <li>• Schematic flow and temperature / entropy processes for geothermal plants</li> <li>• Equipment for plants for electricity generation from steam and binary cycles and for direct uses</li> <li>• Estimate the environmental and social impacts of geothermal projects</li> </ul><br>Fertigkeiten:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Define the elements of thermodynamics</li> <li>• Formulate the laws of thermodynamics</li> <li>• Recite principles of the conversion of heat to work</li> <li>• Distinguish entropy from exergy</li> </ul><br>Kompetenzen:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain the structure and dimensions of the earth and the related heat potential,</li> <li>• Give an outlook to the expected major future applications of geothermal energy.</li> <li>• Name the main sources and amounts of heat deriving from the subsurface,</li> <li>• Explain the temperature distribution inside the earth over space and time,</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |

- 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  $\leq 10$  Teilnehmer\*innen kann die Prüfung auch mündlich durchgeführt werden )

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

Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

|   |
|---|
| <b>Verwendung des Moduls</b>  |
| MSc. Maschinenbau   |
| <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>   |

| <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<br>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:<br>Ausgehend von grundlegenden Kenntnissen zur Produktentwicklung und Konstruktionstechnik werden rechtliche Möglichkeiten zum Schutz von technischen Erfindungen, sowie deren Verwendung differenziert thematisiert.<br><br>Kompetenzen:<br>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)<br>Lehrveranstaltung geht über zwei Semester:<br><br>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>  |                |                 |                    |                      |                     |



- Arbeitnehmererfinderrecht
- Marken
- Informationen und Recherche
- Innovationsmanagement
- Übungen

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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|  |                        |                          |                                       |                                  |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| <b>Industriegütermarketing</b>   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| Marketing of Industrial Commodities  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester       | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Industriegütermarketing   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 3 SWS (45 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 105 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Jens Pöppelbuß<br>a) Mirko Düssel   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Empfohlen werden Kenntnisse des Marketing Managements im Bachelorstudiengang SEPM oder vergleichbare Vorlesungen in anderen Studiengängen.  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Studierenden kennen die für Industriegüter relevanten Marketinginstrumente.<br>Die Studierenden können das strategische Dreieck bestehend aus Kunde, Wettbewerb und eigenem Unternehmen ganzheitlich analysieren, Marketingstrategien und -taktiken ableiten und umsetzen.<br>Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit Marketingkonzepte auf Basis der kunden- und marktorientierten Unternehmensführung zu erstellen, die Einzelinstrumente miteinander zu vernetzen und in integrierte Aktionspläne zu überführen.<br>Dabei werden Theorie- und Praxiselemente miteinander verbunden, sodass für die Studierenden ein lebendiges Bild des Industriegütermarketings in der Praxis entsteht.<br>Die Studierenden haben vertiefte, interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben, die sie situativ angepasst anwenden können. Darüber hinaus ist es ihnen möglich komplexe Entscheidungssituationen in Unternehmen und Märkten zu erkennen, zu entschlüsseln und systematisch Schlussfolgerungen abzuleiten. |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>In der Veranstaltung werden die Elemente des Industriegütermarketings auf Basis des St. Galler Management-Modells, den Ansätzen von Klaus Backhaus sowie eigener langjähriger Projekterfahrung bei Initiierung, Entwicklung und Umsetzung strategischer und operativer Marketinginitiativen vermittelt.<br><br>Den Schwerpunkt bildet die systematische Erarbeitung eines Marketingkonzeptes zum Aufbau und Erhalt echter Wettbewerbsvorteile: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Situation und aktueller Entwicklungen</li> <li>• Formulieren der Marketingstrategie</li> <li>• Ableiten des Marketing-Mixes</li> <li>• Planen der Umsetzung und Steuerung in der Praxis</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                  |  |

Im betrieblichen Alltag an Bedeutung gewinnende Aspekte wie Kundenwert, Marke, Design, Online-Marketing, Social Media und interkulturelle Aspekte der internationalen Marktbearbeitung werden – immer aus der Perspektive des Industriegütermarketings – integriert.

Durch zahlreiche Fallbeispiele aus der Praxis und Übungen zu den elementaren Themen wird das theoretisch vermittelte Wissen vertieft.

**Lehrformen / Sprache**

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

**Prüfungsformen**

• Klausur 'Industriegütermarketing' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur

**Verwendung des Moduls**

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**

| <b>Integrierte Hochdruckverfahren</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Integrated High-Pressure Methods  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Integrierte Hochdruckverfahren   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Thomas Ernst Müller<br>a) Dr. rer. nat. Sabine Kareth  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>a)<br>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><br>a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Klausur 'Integrierte Hochdruckverfahren' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>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<br>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) 90 h              | a) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. Tong Li<br>a) Prof. Dr. Tong Li   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| 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.  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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-energie-dispersive 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>KIbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz</b>  |                        |                          |                                       |                                  |                                |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| KIbox: Solving Sustainability Challenges Through Artificial Intelligence   |                        |                          |                                       |                                  |                                |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8./9. Sem.         | <b>Dauer</b><br>1 Semester       | <b>Gruppengröße</b><br>25      |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) KIbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 3 SWS (45 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 105 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes Sem. |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Jens Pöppelbuß<br>a) Prof. Dr. Jens Pöppelbuß, Prof. Dr. Christian Meske  |                        |                          |                                       |                                  |                                |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Keine Teilnahmevoraussetzungen. Teilnahmebeschränkung: Maximal 25 Teilnehmende.<br>Anmeldemodalitäten werden vor Semesterbeginn bekannt gegeben.<br>Empfohlene Vorkenntnisse: Keine Vorkenntnisse benötigt, Interesse an Methoden der künstlichen Intelligenz, Erfahrungen mit Python hilfreich und gern gesehen  |                        |                          |                                       |                                  |                                |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Studierenden erwerben durch das Absolvieren der Lehrveranstaltung folgende Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die „Kickbox“-Innovationsmethode erläutern und anwenden,</li> <li>• Beispielhafte Nachhaltigkeits-Challenges identifizieren und analysieren,</li> <li>• Potenziale von KI zur Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges identifizieren,</li> <li>• Kreativitätstechniken, Ideation- und Prototyping-Methoden (z. B. aus dem Design Thinking, sowie Lean-Start-Up) für den eigenen Innovationsprozess auswählen und anwenden,</li> <li>• Eigene kreative Ideen präsentieren und testen und mittels Feedbacks überarbeiten,</li> <li>• Ziele definieren, Projekte managen und Meilensteine eigenständig erreichen,</li> <li>• Teamarbeit unter Einsatz von begrenzten Ressourcen koordinieren,</li> <li>• KI-Lösungen prototypisch implementieren,</li> <li>• Unternehmerisches Handeln,</li> <li>• Nachhaltigkeit anhand etablierter Dimensionen (z. B. Triple-Bottom-Line und Corporate Social Responsibility) zur Bewertung eigener Ideen nutzen.</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                  |                                |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kickbox-Innovationsmethode</li> <li>• Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeitsziele und -herausforderungen</li> <li>• Künstliche Intelligenz</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                  |                                |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Projekt / Deutsch  |                        |                          |                                       |                                  |                                |
| <b>Prüfungsformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mündlich 'KIbox: Lösung von Nachhaltigkeits-Challenges durch den Einsatz künstlicher Intelligenz' (25 Min., Anteil der Modulnote 100 %, )</li> <li>• Studienbegleitende Aufgaben 'Abschlussbericht' (15 Min., unbenotet, Abschlusspräsentation (Gruppenleistung, anschließende Diskussion von 10 Minuten))</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                  |                                |



- 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><br>Nuclear Power Plants Engineering  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Kernkraftwerkstechnik  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch<br>a) Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Grundlagen der Werkstofftechnik, Grundlagen der Thermo- und Fluidodynamik  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br><br>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.<br><br>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><br>a) <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>  |                        |                          |                                       |                                 |  |

- Diskussion der Sicherheitsforderungen und -maßnahmen.

**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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| <b>Kontinuumsmechanik</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| Continuum Mechanics  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Kontinuumsmechanik  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani<br>a) Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Mechanik B, Grundlagen der FEM  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Studierenden <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> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <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>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b> <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>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <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><br>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>Laserfertigungstechnik</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| Laser Materials Processing  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Laserfertigungstechnik   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf<br>a) Prof. Dr.-Ing. Cemal Esen   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>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>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Vorlesung mit Übung / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Mündlich 'Laserfertigungstechnik' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)  |                        |                          |                                       |                                 |  |

---

|  |
|--|
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>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><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).<br>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden. |
| <b>Sonstige Informationen</b>  |

|   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| <b>Lasermedizintechnik</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| Laser Medical Technology  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Lasermedizintechnik  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf<br>a) Prof. Dr.-Ing. Cemal Esen   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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 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> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Lasertechnik</li> <li>• Laserstrahlquellen für die Medizintechnik: Festkörper- (Faser-, Scheiben- und Ultrakurzpulslaser)-, 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 Gewebe, Gewebeeigenschaften</li> <li>• Diagnostik mit Laserstrahlung</li> <li>• Laserbasierte Therapieverfahren in der Dermatologie, Zahnmedizin und Augenheilkunde (Vorlesungen werden von Mediziner*innen gehalten)</li> <li>• Laserverfahren für medizinische Produkte</li> <li>• Lasersicherheit</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |



- 
- Mündlich 'Lasermedizintechnik' (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

**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>Lasermesstechnik</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Laser Metrology   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Lasermesstechnik   |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr. Thomas Weigel  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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 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> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) <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>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| • Mündlich 'Lasermesstechnik' (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 [%] = 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>Lasertechnik</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Laser 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.            | Semester             | keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Lasertechnik   |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes SoSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Andreas Ostendorf   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) <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>                              |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| • Mündlich 'Lasertechnik' (30 Min., 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 [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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>   |                |                 |                    |                      |                       |

| <b>MEMS &amp; Nanotechnologie</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| MEMS & Nanotechnology   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) MEMS & Nanotechnologie   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig<br>a) Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Es werden keine formalen Teilnahmevoraussetzungen gemacht. Die Vorlesung baut aber auf Grundlagenvorlesungen im Bereich Werkstoffe und Microengineering auf.   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen die Konzepte, Fertigungsverfahren und kennen die Werkstoffe und Besonderheiten von mikrofluidischen Mikrosystemen und BioMEMS.</li> <li>• Die Studierenden kennen und verstehen die Konzepte und Fertigungsverfahren von Nanomaterialien und Nanosystemen.</li> <li>• Sie können Nanoobjekte unterscheiden und können Charakterisierungsmethoden für die unterschiedlichen Nanoobjekte bewerten.</li> <li>• Sie können Prozessabläufe für die Entwicklung von Mikro- und Nanosystemen entwerfen.</li> <li>• Im Rahmen der Übungen praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken und übertragen die Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen.</li> </ul>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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. <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 biomedizintechnische Anwendungen</li> <li>• Überblick zu Konzepten und Technologien des Micro-Engineering</li> <li>• Schnittmengen zwischen Technik und Biologie (Biosensorik, Bionik, Biomimetik)</li> <li>• Relevante Grundlagen der Biologie und der biomedizinischen Technik</li> <li>• Konzepte der Nanotechnologie (u.a. "bottom up", "top down")</li> <li>• Methoden zur Herstellung und Charakterisierung nanoskaliger Systeme</li> <li>• Nanoskalige Werkstoffe (z.B. Carbon Nanotubes, Nanopartikel)</li> <li>• Nanostrukturierte Oberflächen (z.B. mittels GLAD hergestellte Nanosäulen)</li> <li>• Anwendungen aus dem Bereich Nanotechnologie</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Vorlesung mit Übung / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |

• 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Management nicht-erneuerbarer und erneuerbarer Ressourcen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Management of Non-Renewable and Renewable Resources  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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           | 25                  |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>       |
| a) Management nicht-erneuerbarer und erneuerbarer Ressourcen   |                |                 | a) 2 SWS (30 h)    | a) 60 h              | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. Manfred Renner  |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Dr.-Ing. Hartmut Pflaum   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Voraussetzung ist ein Bachelor-Abschluss aus einem naturwissenschaftlich-technischen oder ökonomischen Fachgebiet sein. Systemanalytische Kenntnisse (z. B. Anwendung und Nutzen volkswirtschaftlicher oder verfahrenstechnischer Modelle) sind von Vorteil. Weitere Voraussetzungen sind nicht erforderlich. Die Gruppengröße ist auf 25 begrenzt, da im Rahmen der Vorlesung Gruppenarbeiten durchgeführt werden, die Methoden und Fähigkeiten für die Prüfung vermitteln und einüben.   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen Studierende globale, nationale und lokale Verfügbarkeiten und Nutzungspfade von nicht-erneuerbaren und erneuerbaren Ressourcen.</li> <li>• können die Studierenden die Bedeutung einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung für Wirtschaftssysteme bewerten.</li> <li>• demonstrieren und transferieren Studierende selbständig Grundlagen und Methoden des Stoffstrommanagements auf gegebene Aufgabenstellungen zur industriellen Ressourcenbewirtschaftung.</li> <li>• bewerten und berechnen die Studierenden das Einsatzpotenzial von nicht-erneuerbaren und erneuerbaren Ressourcen für gegebene industrielle Aufgabenstellungen.</li> <li>• konzipieren Studierende erste Konzepte, um Innovationsansätze für bestehende Systeme zur Ressourcenbewirtschaftung zu entwickeln.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| a)   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>Im Rahmen der Vorlesung werden die Grundlagen, Ziele und Methoden des Stoffstrommanagements, der Stoffstromanalyse sowie der Stoffstrombewertung vorgestellt. Dies erfolgt auf der Basis des Konzepts der „nachhaltigen Entwicklung“. Eine Einführung in der Rohstoffbewirtschaftung innerhalb von Wirtschaftssystemen illustriert, wie alle Lebens-/Konsumbereiche von einer intelligenten Rohstoffnutzung profitieren. Im Anschluss werden die Rohstoffpotenziale der nicht-erneuerbaren Ressourcen sowie ihre Bedeutung als stoffliche und/oder energetische Quelle diskutiert.</p> <p>Der nächste Vorlesungsteil widmet sich den Verfügbarkeiten und Bewirtschaftungsgrundsätzen von erneuerbaren Ressourcen. Dabei stehen die Produktion von Biomasse, das nutzbare Ertragspotenzial sowie mögliche Produkte im Vordergrund. Darüber hinaus wird die Rohstoff- und Energiepolitik in den internationalen Wirtschaftsbeziehungen verdeutlicht. An konkreten Beispielen wird erläutert, welche Rohstoffinformationen in industriellen Entscheidungsprozessen in welcher Weise verarbeitet werden</p> |                |                 |                    |                      |                     |

müssen, um das Ressourcenmanagement unter verschiedenen gegebenen Zielstellungen (z. B. Nachhaltiges Wirtschaften, Reduktion von Treibhausgasen, Reduktion Primärrohstoffeinsatz) optimal zu realisieren. Die Rolle von Innovationen sowie Methoden zur Findung von neuen Ressourcenlösungen in Wertschöpfungsketten wird in diesem Kontext an Beispielen erläutert.

**Lehrformen / Sprache**

a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch

**Prüfungsformen**

- Mündlich 'Management nicht-erneuerbarer und erneuerbarer Ressourcen' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %, Selbständig vorbereiteter Vortrag zu einem in der Vorlesung behandelten Fachthema und Fachdiskussion/-fragen)
- Anwesenheitspflicht

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

- Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung
- Präsenz

**Verwendung des Moduls**

MSc. Umweltingenieurwesen

**Stellenwert der Note für die Endnote**

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.

**Sonstige Informationen**

Zwischen dem 1. und 12. Oktober wird eine ca. 45-minütige Vorbesprechung angeboten: Beachten Sie hierzu bitte den Aushang auf der Homepage des Lehrstuhls :<https://rpe.ruhr-uni-bochum.de/>

Im ersten Schritt ist eine Anmeldung beim Dozenten per E-Mail bis spätestens 30. November erforderlich; E-Mail-Adresse:[hartmut.pflaum@umsicht.fraunhofer.de](mailto:hartmut.pflaum@umsicht.fraunhofer.de)

Die Anmeldungen werden in der Reihenfolge ihres Eingangs bearbeitet.

Nach der Teilnahmebestätigung durch den Dozenten per E-Mail kann die Prüfung angemeldet werden.

Eine selbständige Anmeldung bei FlexNow ist nicht möglich.



| <b>Management und Organisation von Arbeit</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Management and Organization of Labour  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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.            | 2 Semester           | 20                  |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>       |
| a) Management und Organisation von Arbeit<br>(Teil a)  |                |                 | a) 2 SWS (30 h)    | a) 60 h              | a) jedes WiSe       |
| b) Management und Organisation von Arbeit<br>(Teil b)  |                |                 | b) 2 SWS (30 h)    | b) 30 h              | 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>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>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.</p> |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| a)   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>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.</p> <p>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.</p>   |                |                 |                    |                      |                     |
| 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Maschinen für die Energiewende</b>  |                        |                         |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Machines for the Energy Transition   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>3 LP | <b>Workload</b><br>90 h | <b>Semester</b><br>8 Sem.             | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Maschinen für die Energiewende  |                        |                         | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 2 SWS (30 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 60 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Francesca di Mare<br>a) Dr.-Ing. Thomas Polklas   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Turbomaschinen, Thermodynamik, Energiewirtschaft  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Nach Teilnahme an dem Modul kennen die Studierenden den Status der Energiewende in Deutschland / Europa / Weltweit.<br><br>Sie verstehen die komplexen Zusammenhänge zwischen volatiler Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und dem kontinuierlichen Bedarf von industriellen Prozessen und können diese interpretieren.<br><br>Die Studierenden erkennen Schlüsselkomponenten in industriellen Prozessen und können Problemstellungen fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen.<br><br>Sie haben die Fähigkeit zu kritischem, konstruktivem und vernetztem Denken erweitert und können etablierte und innovative Methoden auswählen und einsetzen. |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>Die Vorlesung vermittelt einen anwendungsorientierten Überblick über den Einsatz von Turbomaschinen in einer defossilisierten Industrie und Energieversorgung.<br><ul style="list-style-type: none"><li>• Turbomaschinen in Energiespeicher-Systemen</li><li>• Turbomaschinen in Industrieprozessen für CO<sub>2</sub>-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><br>a) Vorlesung (2 SWS) / Deutsch  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• 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><br>Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>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.

---

**Sonstige Informationen**

---

| <b>Masterarbeit SEPM</b>   |                         |                          |                            |                                  |  |
|--|-------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| Master Thesis  |                         |                          |                            |                                  |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>30 LP | <b>Workload</b><br>900 h | <b>Semester</b><br>3. Sem. | <b>Dauer</b><br>1 Semester       | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Masterarbeit  |                         |                          | <b>Kontaktzeit</b>         | <b>Selbststudium</b><br>a) 900 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes Sem.               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Andreas Kilzer<br>a) Prof. Dr.-Ing. Andreas Kilzer   |                         |                          |                            |                                  |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>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.   |                         |                          |                            |                                  |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Masterarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin bzw. der Kandidat in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine anspruchsvolle wissenschaftliche Fragestellung im Bereich des Vertriebs-, Produkt- und Servicemanagements selbstständig mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.<br>Die Masterarbeit verfolgt die folgenden übergeordneten Zielsetzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen exemplarisch den Stand der Forschung im Bereich des Vertriebs-, Produkt- und Servicemanagements und ihres Studienschwerpunkts.</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 Zusammenhänge selbstständig durch Modelle beschreiben und geeignete Modellierungsansätze auszuwählen.</li> <li>• Die Studierenden können wissenschaftliche Untersuchungen von wirtschaftlichen und technischen Fragestellungen unter Verwendung etablierter ingenieurwissenschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Forschungsmethoden planen und durchführen.</li> <li>• Die Studierende können Ergebnisse ihrer Untersuchungen kritisch hinterfragen und hieraus begründete Schlussfolgerungen ziehen.</li> <li>• Die Studierenden verfügen über erweiterte ausbildungsrelevante Sozialkompetenzen, mit besonderem Fokus auf Selbständigkeit und Eigeninitiative</li> </ul> |                         |                          |                            |                                  |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>Verschiedene Themenstellungen aus dem Master-Studium, typischerweise mit Fokus auf das Vertriebs-, Produkt- und Servicemanagement oder 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, empirische als auch experimentelle Aufgaben.   |                         |                          |                            |                                  |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>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. Sales Engineering and Product Management

**Stellenwert der Note für die Endnote**

Anteil an der Gesamtnote [%] =  $30 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Die Masterarbeit kann auch in englischer Sprache verfasst werden.

| <b>Materials for Aerospace Applications</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: recommended are basics in materials science and solid mechanics and english skills B1   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| After successful completion of the module students can  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• recapitulate which high performance materials and material systems are used for aerospace applications, how they are manufactured, and which microscopic mechanisms control their properties</li> <li>• explain and apply procedures for selecting and developing material systems for aerospace components, considering the specific requirements</li> <li>• decide which characterization and test methods to apply for qualifying materials and joints for aerospace applications and know how lifetime assessment concepts work</li> <li>• draft work flows from data acquisition to certification of aerospace components</li> <li>• communicate, using technical terms in the field of aerospace engineering in English</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• loading conditions for components of air- and space crafts (structures and engines)</li> <li>• 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)</li> <li>• degradation and damage mechanisms of aerospace material systems in service</li> <li>• characterization and testing of materials and joints for aerospace applications</li> <li>• concepts and methods for lifetime assessment</li> <li>• data handling from acquisition to certification of aerospace components</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Vorlesung mit Übung / Englisch / Deutsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| • Klausur 'Materials for Aerospace Applications' (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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

script in English, additional literature announced during lecture



| <b>Materials for Aerospace Applications</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Materials for Aerospace Applications   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Materials for Aerospace Applications  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch<br>a) Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: recommended are basics in materials science and solid mechanics and english skills B1   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>After successful completion of the module students can <ul style="list-style-type: none"> <li>• recapitulate which high performance materials and material systems are used for aerospace applications, how they are manufactured, and which microscopic mechanisms control their properties</li> <li>• explain and apply procedures for selecting and developing material systems for aerospace components, considering the specific requirements</li> <li>• decide which characterization and test methods to apply for qualifying materials and joints for aerospace applications and know how lifetime assessment concepts work</li> <li>• draft work flows from data acquisition to certification of aerospace components</li> <li>• communicate, using technical terms in the field of aerospace engineering in English</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• loading conditions for components of air- and space crafts (structures and engines)</li> <li>• 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)</li> <li>• degradation and damage mechanisms of aerospace material systems in service</li> <li>• characterization and testing of materials and joints for aerospace applications</li> <li>• concepts and methods for lifetime assessment</li> <li>• data handling from acquisition to certification of aerospace components</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Vorlesung mit Übung / Englisch / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Klausur 'Materials for Aerospace Applications' (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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

script in English, additional literature announced during lecture

| <b>Mechanische Eigenschaften in kleinen Dimensionen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Mechanical Properties of Small Scale Systems   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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.            | Semester             | keine<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler<br>a) Prof. Gerhard Dehm  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe Problemstellungen in physikalischen Systemen (ggf. fachübergreifend) mit geeigneten Methoden lösen.</li> <li>• Sie 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 praktizieren somit wissenschaftliches Lernen und Denken.</li> <li>• Die Studierenden können hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a)<br>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 (Versetzungplastizität, 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.   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Blockseminar / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| • 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 [%] = $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$                              |
| 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>   |

| <b>Mikrostrukturinformatik: Digitale Mikroskopie und Computer Vision</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Microstructure Informatics: Digital Microscopy and Computer Vision  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b> | <b>Workload</b> | <b>Semester</b>    | <b>Dauer</b>         | <b>Gruppengröße</b> |
|   | 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 tief liegende 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 erzeugten 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 [%] =  $2 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Vorlesungsbegleitende Literatur wird bekannt gegeben

| <b>Modellierung und Entwurf dynamischer Systeme</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Mathematical Modelling and Design of Dynamic Systems   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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 Mönningmann<br>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 Differenzgleichungen 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, fluiddynamischer 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

---

**Sonstige Informationen**

---



| <b>Multiscale Mechanics of Materials</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Multiscale Mechanics of Materials   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>9. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Multiscale Mechanics of Materials  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Alexander Hartmaier<br>a) Dr. Rebecca Janisch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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. |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to problems in materials mechanics that involve multiple length and time scales</li> <li>• Overview on concepts of concurrent and hierarchical multiscale modeling of materials</li> <li>• Principles of effective theory construction and its realisability in numerical modeling (extracting and passing information in hierarchical models); coarse graining and homogenisation</li> <li>• Bridging scales in plasticity</li> <li>• Bridging scales in fracture</li> <li>• Numerical models and technical aspects of hierarchical multiscale simulations (atomistic modeling, discrete dislocation dynamics, continuum and crystal plasticity)</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung / Seminar / Englisch / Deutsch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Klausur 'Multiscale Mechanics of Materials' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, oder mündliche Prüfung (30 Min., wird zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt))  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Nachhaltige Produktentwicklung</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Sustainable Product development  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Nachhaltige Produktentwicklung  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Beate Bender<br>a) Dr.-Ing. Daniela Kattwinkel  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage...   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• .. die zentralen Begriffe sowie die Potentiale und Herausforderungen im Kontext der nachhaltigen Produktentwicklung zu beschreiben.</li> <li>• ... die Umweltwirkungen von Produkten in den einzelnen Phasen des Produktlebensweg zu beschreiben und an einfachen Beispielen zu analysieren.</li> <li>• ...die ökologisch relevanten Stakeholder entlang des Lebenswegs eines beispielhaften Produkts zu erschließen und die entstehenden Umweltwirkungen systematisch zu</li> <li>• ermitteln.</li> <li>• ...die Funktionen und den Nutzungskontext eines beispielhaften Produkts sowie ökologisches Fehlverhalten während der Produktnutzung zu analysieren und die daraus resultierenden Umweltwirkungen systematisch zu ermitteln.</li> <li>• ... die Teilphasen und Prozesse der Nutzungsphase zu beschreiben und die daraus resultierenden Umweltwirkungen systematisch für beispielhafte Produkte zu ermitteln.</li> <li>• ... Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltwirkungen von beispielhaften Produkten auszuwählen, erste Produktkonzepte zu entwickeln und systematisch alternative Konzepte zu vergleichen.</li> <li>• ... auf Basis identifizierter ökologischer Schwachstellen Umweltziele für beispielhafte Produkte und die begleitenden Entwicklungsprozesse zur Verbesserung der Umweltwirkungen zu entwickeln.</li> <li>• ...die Auswirkungen ihrer Entscheidungen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit eines beispielhaften Produkts systematisch auf die Produkteigenschaften und -merkmale sowie auf vor- oder nachgelagerte Lebenslaufphasen zu beurteilen.</li> <li>• ... auf Basis ausgewählter Maßnahmen und festgelegter Ziele eigenständig detaillierte Konzepte zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von beispielhaften Produkten zu entwickeln.</li> <li>• ...die Ergebnisse ihrer nachhaltigen Produktverbesserung in einer mündlichen Präsentation verständlich vorzustellen und die eigene Ansicht argumentativ zu vertreten.</li> <li>• ... sich interessiert mit dem Thema Nachhaltigkeit auseinanderzusetzen und individuell den eigenen Lernstand und Lernfortschritt zu reflektieren.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a)   |                |                 |                    |                      |                       |

In den theoretischen Teilen der Veranstaltung werden die Grundlagen und das Vorgehen bei der Entwicklung nachhaltiger Produkte vermittelt. Dazu werden verschiedene Methoden und Werkzeuge erläutert und im Rahmen der Übungen von den Studierenden angewendet.

Der praktische Teil der Veranstaltung besteht aus einem realitätsnahen Lernszenario, in dem die Studierenden die Aufgabe erhalten eigenständig in einer Gruppe die vermittelten Methoden anzuwenden und Werkzeuge einzusetzen, um die Nachhaltigkeit eines bestehenden Beispielprodukts zu verbessern. Die Beispielprodukte dürfen dafür von den Studierenden genutzt und gezielt manipuliert werden, um die maßgeblichen Umweltwirkungen zu identifizieren. Die Anwendung der Methoden und die Interpretation der Ergebnisse sowie die entwickelten Produktkonzepte werden von den Gruppen in einer Hausarbeit (Portfolio) zusammengefasst und gemeinsam präsentiert. Darüber hinaus pflegen die Studierenden ein semesterbegleitendes Lerntagebuch.

Im Detail werden folgende Themen adressiert: Grundlagen der nachhaltigen Produktentwicklung, Umweltwirkungen im Produktlebensweg, Stakeholder und Austauschbeziehungen, Funktionen und Nutzungskontext, Umweltwirkungen in der Nutzungsphase, nachhaltige Produktkonzepte und Umweltziele, nachhaltige Gestaltung und Dokumentation

---

**Lehrformen / Sprache**

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

---

**Prüfungsformen**

• Semesterbegleitende Hausarbeit ‚Nachhaltige Produktentwicklung‘ (40 Std., Anteil der Modulnote 100 %, Hausarbeit als Gruppenarbeit (in kleinen Gruppen) anschließender Präsentation und Diskussion (Abgabefristen und Termine werden am Anfang des Semesters bekannt gegeben)

---

**Voraussetzungen für die Vergabe von Credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung: Hausarbeit und Präsentation der Ergebnisse

---

**Verwendung des Moduls**

- M.Sc. Maschinenbau
- M.Sc. Sales Engineering & Product Management
- M.Sc. 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**

---

| <b>Neue Werkstoffe für Batterien, Brennstoff- und Elektrolysezellen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| New Materials for Batteries, Fuel Cells and Electrolysis Cells  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber<br>a) Apl.-Prof. Dr. Martin Bram  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls besitzen die Studierenden folgende fachspezifische/inhaltliche Kompetenzen:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• 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</li> <li>• Die Studierenden besitzen ein Grundverständnis, welche Chancen die Digitalisierung für die Entwicklung und Charakterisierung komplexer Werkstoffsysteme bietet.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| fachübergreifende/generische Kompetenzen:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können die globale Bedeutung von elektrochemischen Energiespeichern und elektrochemischen Energiewandlern für die Energiewende bewerten.</li> <li>• Die Studierenden verdeutlichen durch einen Fachvortrag zu einem energiespezifischen Thema ihre kommunikative Kompetenz.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 [%] =  $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Numerical Gasdynamics for Propulsion and Power</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Numerical Gasdynamics for Propulsion and Power   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Numerical Gasdynamics for Propulsion and Power  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 0 h               | a) jedes SoSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. Francesca di Mare<br>a) Prof. Dr. Francesca di Mare  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Prerequisites for a successful participation to the lectures: Gasdynamics<br>Thermodynamics Numerical Mathematics Fluid Mechanics  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| After successfully completing the course the students master all theoretical and numerical tools to derive and analyse the mathematical model governing the flow of a compressible gas mixture. Furthermore, they understand how a flow solver for compressible fluids should be constructed. Particularly:  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students understand the physical principles and can translate them in a mathematical model</li> <li>• The students understand the the most relevant aspects of the flow of compressible fluids and are capable of making the correct assumption to simplify the corresponding mathematical models</li> <li>• The students can translate mathematical models In a computed programme in a a structured and logical manner</li> <li>• The students can assess the efficiency and accuracy of the programmed solver and the correctness of the results</li> <li>• The students can design procedures to verify and validate the numerical results</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Review of the fundamentals of Fluid Mechanics, Gasdynamics and Thermodynamics</li> <li>• Derivation of the conservation equations (Mass, Momentum and Energy) in differential form</li> <li>• Forms of the energy equation</li> <li>• Non-dimensional form of the conservation equations</li> <li>• Euler and Navier-Stokes Equations</li> <li>• Classification of the conservation equations (elliptic, hyperbolic, parabolic)</li> <li>• Definition of total quantities</li> <li>• Thermal and caloric state equations and thermodynamic relations</li> <li>• State variables</li> <li>• Variable transformation and jacobian matrices</li> <li>• Weak formulation of the conservation equations: discontinuities</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |

|   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Example: advection equations</li><li>· Fundamentals of the spatial and temporal discretisation of hyperbolic problems</li><li>· Numerical treatment of discontinuities considering the example of the advection equation</li><li>• Various schemes and formulations (Roe, Lax-Wendroff, etc.)</li><li>· Numerical treatment of the 1D Euler equations</li><li>• Ideal gas model</li><li>• Thermally perfect gas model</li><li>· Boundary conditions</li><li>· Theoretical formulation and implementation</li><li>· Stability and error analysis</li></ul> |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Klausur 'Numerical Gasdynamics for Propulsion and Power' (120 Min., Anteil der Modulnote 100 %, If the number of participants is less than 5, the examination can also be conducted orally.)   |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>Successfully passed examination (written exam)  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>MSc. Maschinenbau<br>Master of Science Mechanical Engineering   |
| <b>Stellenwert der Note für die Endnote</b><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).<br>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.  |
| <b>Sonstige Informationen</b><br>The final mark consists exclusively of the examination mark. The lecture notes will be provided in english   |



| <b>Offroad Maschinen: Systemanalyse</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| System-Analysis of Construction Machines  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. J. Scholten  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Sebastian Bauer, Prof. Dr.-Ing. A. Katterfeld   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• sind die Studierenden fähig selbständig 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Plastizität und Materialschädigung</b>   |                        |                          |                                       |                                |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| Plasticity and Damage   |                        |                          |                                       |                                |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester     | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Plastizität und Materialschädigung   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 0 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani<br>a) Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani  |                        |                          |                                       |                                |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Kontinuumsmechanik, Einführung in die Materialmodellierung   |                        |                          |                                       |                                |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>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><br>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><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).  |                        |                          |                                       |                                |  |

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Polymer Process Engineering</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Polymer 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           | 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       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann  |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Jun.-Prof. S. Frerich   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Ein erfolgreicher, vorheriger Besuch der Veranstaltung Wärme- und Stoffübertragung wird empfohlen.   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls  |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Studierenden das englische Fachvokabular in vertiefter Form und wenden es in Diskussionen an, um ihren Standpunkt zu verteidigen.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, ingenieurtechnische Fragestellungen und Informationsquellen zu identifizieren und zu beschaffen sowie Daten zu bewerten.</li> <li>• sind die Studierenden fähig, Ergebnisse der Analyse komplexer Systeme kritisch zu hinterfragen und hieraus Schlüsse für Bewertungen, Eingriffe und Weiterentwicklungen zu ziehen.</li> <li>• reflektieren die Studierenden auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit systematisch und beziehen sie in ihr Handeln verantwortungsbewusst ein.</li> <li>• übertragen die Studierenden die gewonnenen Erkenntnisse und Fertigkeiten sowohl auf konkrete ingenieurwissenschaftliche als auch auf fachlich angrenzende Problemstellungen.</li> <li>• entwickeln die Studierenden im interdisziplinären Zusammenhang der Fächer Wärme- und Stoffübertragung, Verfahrenstechnik und Materialwissenschaft neue Forschungsansätze.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| a)   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>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.</p> <p>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.</p>   |                |                 |                    |                      |                     |

-----

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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

---

| <b>Process Design</b>   |                        |                         |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Process Design  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>3 LP | <b>Workload</b><br>90 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>Semester        | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Process Design   |                        |                         | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 3 SWS (45 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 45 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald<br>a) Dr. Helmut Mothes  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>Die Studierenden kennen im Bereich des Process Designs modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften / des Maschinenbaus und kennen Anwendungsbeispiele zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methoden zur Prozessgestaltung anhand industriell relevanter Beispiele kennenlernen,</li> <li>• diese Methoden in aktuellen Problemen unter Berücksichtigung der Randbedingungen von Prozessintegration und -intensivierung identifizieren,</li> <li>• 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,</li> <li>• Die Studierenden können entsprechende Erkenntnisse/Fertigkeiten auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen.</li> </ul>  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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.<br><br>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 [%] =  $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**



| <b>Product Lifecycle Management</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Product Lifecycle Management (PLM)  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Product Lifecycle Management (PLM)   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard<br>a) Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>a)<br>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><br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Produktentwicklung mechatronischer Antriebssysteme</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Product-Development of Mechatronic Drive 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<br>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<br>a) Dr.-Ing. Kaveh Towfighi  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Grundlegende Kenntnisse Konstruktionstechnik, Getriebetechnik Antriebstechnik, Regelungstechnik, 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)<br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Confectioning of Products for Food and Pharmaceutical Applications  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Produktkonfektionierung in<br>Lebensmitteltechnologie und Pharmazie  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner<br>a) Jun.-Prof. S. Frerich   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen wesentliche verfahrenstechnische Prozesse, Apparate und Methoden der Produktkonfektionierung und lernen diese gezielt einzusetzen.</li> <li>• Die Studierenden können die gewonnenen Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen und wenden diese durch eine vertiefte Methodenkompetenz situativ angepasst an.</li> <li>• Die Studenten werden in besonderem Maße zu vernetztem, interdisziplinären und kreativen Denken angeregt.</li> </ul>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>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. |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Vorlesung mit Übung / Deutsch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminar 'Produktkonfektionierung in der Lebensmitteltechnologie und Pharmazie' ( &lt;Ohne&gt;, Anteil der Modulnote 100 %, Schriftlicher Seminarbeitrag und Präsentation)</li> <li>• Beamer, Tafelvortrag</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>Bestandene Modulabschlussprüfung: Seminarbeitrag  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>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.

---

**Sonstige Informationen**

---

| <b>Projektmanagement im Anlagenbau</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Projektmanagement im Anlagenbau  |                |                 |                    | a) 60 h              | a) jedes WiSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr.-Ing. Dorothea Schwarz  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Projekt strukturieren und in seinen Gesamtkontext einordnen</li> <li>• Methoden und Tools erkennen, um projektypische Situationen zu bearbeiten</li> <li>• Projekte verstehen, Rollenmuster erkennen und Randbedingungen bewerten</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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:  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen der typischen Managementtheorien mit ihrer Bedeutung für die aktuelle Arbeitsumgebung</li> <li>• Aufbau und Struktur von Großbetrieben, Erkennen und analysieren typischer Rollenmuster im Projekt</li> <li>• Strukturierung und Analyse von Projekten mit dem Ziel einer ressourcenschonenden, termingerechten und kostensparenden Abwicklung</li> <li>• Umgang mit Mitarbeitern, Stake- und Shareholdern im nationalen und internationalen Umfeld</li> <li>• Einsatz von Tipps, Tricks und Methoden zur Zielerreichung</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (1 SWS) / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| • Mündlich 'Projektmanagement im Anlagenbau' (45 <Ohne>, 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>• M.Sc. Maschinenbau</li> <li>• M.Sc. Umweltingenieurwesen</li> <li>• M.Sc. Bauingenieurwesen</li> <li>• M.Sc. Sales Engineering &amp; Product Management</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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.

---

**Sonstige Informationen**

---



| <b>Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Processes in Mechanical 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           | 8. Sem.            | 1 Semester           | keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Prozesse der Mechanischen<br>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<br>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>• praktizieren 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)<br>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 Staubbelastungen 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. 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**

| <b>Prozessführung und Optimalsteuerung</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Martin Mönnigmann  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Eine 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>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• können die Studierenden explizite modellprädiktive Regelungen entwickeln.</li> <li>• 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.</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 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:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Optimalsteuerung, Aufgabenklassen (u.a. zeitoptimale Aufgaben, Aufgaben mit und ohne Restriktionen), Aufgaben mit stückweise extremalen Lösungen (Bang-bang-Lösungen)</li> <li>• Klassen und Eigenschaften von Optimierungsaufgaben und zugehörige Lösungsmethoden (lineare, quadratische und nichtlineare Programme mit und ohne Nebenbedingungen, Optimalitätsbedingungen, Konvexität, lokale und globale Optima)</li> <li>• modellprädiktive Regelung, Stabilität, linear-quadratische Aufgaben</li> <li>• explizite modellprädiktive Regelung, Zusammenhang zum Riccati-Regler</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |

- 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Reaktortheorie</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Reactor Physics  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Reaktortheorie  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch<br>a) Prof. Dr.-Ing. Marco K. Koch   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Kenntnisse höhere Mathematik  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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.<br>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls, <ul style="list-style-type: none"> <li>• lösen Studierende komplexe mathematische Problemstellung in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden,</li> <li>• modifizieren Studierende die Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen,</li> <li>• validieren Studierende die modellierten und gelösten komplexen ingenieurtechnischen Probleme,</li> <li>• entwickeln Studierende eigene Ansätze und setzen diese um.</li> </ul>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über die Kerntechnik und die physikalischen Grundlagen,</li> <li>• Grundlegende Merkmale des Kernreaktors und seine Anwendung in der Kernkraftwerkstechnik</li> <li>• Struktur der Materie</li> <li>• Kernaufbau</li> <li>• Bindungsenergie</li> <li>• Kernumwandlung</li> <li>• Arten der Radioaktivität</li> <li>• Kernspaltung</li> <li>• Energiefreisetzung</li> <li>• Neutronenerzeugung</li> <li>• Bildung von Spaltprodukten</li> <li>• Globale Betrachtung des Generationszykluses der Neutronen</li> <li>• Kernspaltung als Kettenreaktion</li> <li>• Multiplikationsfaktor (Vier-Faktor-Formel)</li> <li>• Neutronenflussdichteverteilung</li> <li>• Neutronendiffusion</li> <li>• Diffusions-, Mehrgruppen -und Transporttheorie</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |

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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| <b>Schadensanalyse</b><br>Failure Analysis   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Schadensanalyse   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl<br>a) Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>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><br>a) Seminar / Deutsch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Mündlich 'Schadensanalyse' (30 Min., Anteil der Modulnote 100 %)  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>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>  |                        |                          |                                       |                                 |  |

**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>Service Engineering</b>   |                        |                          |                                       |                                  |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| Service Engineering  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester       | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Service Engineering   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 3 SWS (45 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 105 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Jens Pöppelbuß<br>a) Prof. Dr. Jens Pöppelbuß, Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter  |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servitization of Manufacturing</li> <li>• Industrienaher 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><br>a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch   |                        |                          |                                       |                                  |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Simulation der Strömung in Turbomaschinen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Fluid Flow Simulation in Turbomachines  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <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, 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 |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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.   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Die Studierenden können höherwertigen Verfahren für die numerische Approximation der Erhaltungsgleichungen anwenden.</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, die Besonderheiten sowie Schwierigkeiten in der Simulation von Turbomaschinen zu erkennen und damit umzugehen.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Euler- und Lagrange-Betrachtungsweise</li> <li>• Substantielle Ableitung</li> <li>• Erhaltungsgleichungen im Relativsystem</li> <li>• Euler-Hauptgleichung</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

---

**Sonstige Informationen**

---

| <b>Simulationsgestützte Auslegung von Reaktions- und Trennapparaten</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Model based Design of Reactors and Separation Units   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald<br>a) Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichkeiten und Grenzen dynamischer Simulationstools bewerten</li> <li>• in der Verfahrenstechnik gängige Apparate mathematisch beschreiben</li> <li>• reale Reaktoren und Phänomene in diesen Reaktoren mithilfe von Modellen abbilden und in das verwendete Simulationstool implementieren</li> <li>• 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.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a)  |                |                 |                    |                      |                       |
| In der Lehrveranstaltung werden die Methoden der verfahrenstechnischen Modellierung und Simulation von Apparaten vermittelt. Dazu werden insbesondere nachfolgende Themen adressiert:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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 Beispielfälle detaillierter analysiert. Als Abschluss einer Übungseinheit wird das Vorgehen bei der Auslegung erarbeitet und die Abhängigkeit der Apparatedimensionen von den Beispielprozessen demonstriert.</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (3 SWS) / Vorlesung (1 SWS) / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |

• 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Chemical Processes for Closed Carbon Cycles  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe   |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes SoSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Thomas Ernst Müller<br>a) Prof. Thomas Ernst Müller  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Empfohlen sind Grundkenntnisse in Chemie, sowie Vorkenntnisse in chemischer Reaktionstechnik oder chemischer Verfahrenstechnik   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>Kenntnis der wesentlichen chemisch-technologischen Stoffumwandlungsprozesse für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe, nachhaltiger Einsatz und Nutzung nachwachsender Rohstoffe und erneuerbarer Rohstoffquellen.</p> <p>Fähigkeit zur grundsätzlichen Simulation und Bewertung von Reaktormodellen in Hinsicht auf Randbedingungen und Chance auf eine großtechnische Umsetzung.</p> <p>Verständnis für den Einsatz (pseudo)homogener und heterogen-katalytischer Reaktionssysteme im großtechnisch-industriellen Maßstab und die dabei geltenden Rahmenbedingungen.</p> <p>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Studierenden die Grundlagen zur prozesstechnischen Auslegung von Reaktoren für unterschiedliche Reaktionssysteme, insbesondere von heterogen-katalytischen Reaktionssystemen für Stoffumwandlungsprozesse in geschlossenen Kohlenstoffkreisläufen</li> <li>• ermitteln die Studierenden aus reaktionstechnischen Messungen kinetische Daten für die Auslegung von Reaktoren</li> <li>• 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</li> <li>• können die Studierenden für diesen Zweck Simulationsprogramme einsetzen und nutzen diese zur effizienten Bearbeitung des ingenieurtechnischen Arbeitsprozesses</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourcen für geschlossene Kohlenstoffkreisläufe, Einsatz und Nutzung nachwachsender Rohstoffe und nachhaltiger Rohstoffquellen</li> <li>• Erneuerbare Rohstoffe, u.a. CO<sub>2</sub>, Biomasse, Biokohle als Ausgangsstoff für chemische Produktionsprozesse</li> <li>• Erneuerbare Kohlenstoff-haltige Rohstoffe zur Energiegewinnung</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                     |

- 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

---

**Sonstige Informationen**

---



| <b>Strategisches Management und Unternehmensführung</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Strategic and Business Management  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Strategisches Management und Unternehmensführung  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 110 h             | 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 sowie Führungsarten.</li> <li>• Sie haben die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>• Zusätzlich verfügen die Studierenden über fachübergreifende Methodenkompetenz.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a)<br>Ablauf und Instrumente des strategischen Managements bzw. der strategischen Unternehmensplanung sowie Grundlagen der Mitarbeiterführung, Maßnahmen und Aktivitäten zur Motivation und Kommunikation in Unternehmen und Übersicht der Managementaufgaben in Unternehmen   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| • Mündlich 'Strategisches Management und Unternehmensführung' (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 [%] = 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>  |                |                 |                    |                      |                       |

| <b>Surface Science and Corrosion</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Surface Science and Corrosion  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr. rer. nat. M. Stratmann, Dr. rer. nat. Michael Rohwerder   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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 vertiefte naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich Korrosion und Korrosionsschutz.</li> <li>• kennen die Studierenden exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiet der Korrosion, modernste Methoden und Verfahren des Korrosionsschutzes und Anwendungsbeispiele.</li> <li>• 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.</li> <li>• können die Studierenden somit komplexe Problemstellungen zum Korrosionsschutz mit geeigneten Methoden lösen.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, geeignete etablierte Test-Methoden und Korrosionsschutz-Verfahren auszuwählen und anzuwenden.</li> <li>• praktizieren die Studierenden wissenschaftliches Lernen und Denken.</li> <li>• können die Studierenden hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme auf dem Gebiet lösen, sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.</li> <li>• 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.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

|   |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>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           | 9. Sem.            | 1 Semester           | keine<br>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><br>3 LP | <b>Workload</b><br>90 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Technologie der Polymere  |                        |                         | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 2 SWS (30 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 60 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner<br>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><br>a)<br>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><br>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><br>Bestandene Modulabschlussprüfung: Mündliche Prüfung  |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>keine Angabe   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Stellenwert der Note für die Endnote</b><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $3 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).<br>DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.   |                        |                         |                                       |                                 |  |
| <b>Sonstige Informationen</b>  |                        |                         |                                       |                                 |  |

| <b>Thermodynamik der Gemische</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Thermodynamics of Mixtures   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Roland Span   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Roland Span  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Kenntnisse der Grundlagen der Thermodynamik, wie sie in einschlägigen Bachelorstudiengängen vermittelt werden. Keine spezifischen Voraussetzungen.   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Studierende die Besonderheiten der Stoffeigenschaften von Gemischen auf einem hohen Abstraktionsgrad erläutern.</li> <li>• können Studierende neue Erkenntnisse im Bereich der Stoffdatenthermodynamik kritisch hinterfragen und bewerten.</li> <li>• können Studierende ihre Kenntnisse im Bereich der Mischphasenthermodynamik einsetzen, um komplexe Aufgabenstellungen in Energie- und Verfahrenstechnik zu lösen.</li> <li>• können Studierende Informationsbedarfe im Bereich der Stoffdaten erkennen, Informationsquellen beschaffen und dort gefundene Daten kritisch bewerten.</li> <li>• können Studierende die Relevanz von Forschungsergebnissen im Bereich der Mischphasenthermodynamik einschätzen.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a)   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung von Stoffdaten für energietechnische Prozesse (Zustandsgleichungsmodelle, Stoffdaten von Wasser und Dampf als Sonderfall, ideale Mischung realer Gase)</li> <li>• Zustandsgrößen von Gemischen, Darstellung als Exzessgrößen und als partielle molare Größen</li> <li>• Grundlagen von Mischungseffekten auf molekularer Ebene</li> <li>• Modelle für die Exzess-Gibbs-Energie und den Aktivitätskoeffizienten</li> <li>• Phasengleichgewichte mit Flüssigkeiten, Feststoffen und Gasen</li> <li>• Moderne Zustandsgleichungen für Gemische</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (3 SWS) / Deutsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| • Klausur 'Thermodynamik der Gemische' (150 Min., Anteil der Modulnote 100 %)  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Verwendung des Moduls</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• MSc Sales Engineering and Product Management</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |

- 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**

Das Modul „Thermodynamics of Mixtures“ vermittelt identische Kompetenzen und Inhalte in englischer Sprache.



| <b>Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users)</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I+II (Advanced Users)   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects I (Advanced Users)   |                |                 | a) 2 SWS (30 h)    | a) 45 h              | a) jedes WiSe         |
| b) Transmission Electron Microscopy of Crystal Defects II (Advanced Users)  |                |                 | b) 2 SWS (30 h)    | b) 45 h              | b) jedes SoSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Antonin Dlouhy   |                |                 |                    |                      |                       |
| b) Prof. Antonin Dlouhy   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen im Bereich Werkstoff-Engineering.</li> <li>• Sie kennen im Bereich ihres Studienschwerpunkts exemplarisch den Stand moderner ingenieurwissenschaftlicher Forschung und kennen modernste Methoden und Verfahren der Ingenieurwissenschaften und Anwendungsbeispiele.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe Problemstellungen in physikalischen Systemen (ggf. fachübergreifend) mit geeigneten Methoden lösen.</li> <li>• Sie 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 praktizieren somit wissenschaftliches Lernen und Denken.</li> <li>• Die Studierenden können hierüber komplexe ingenieurtechnische Probleme 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)  |                |                 |                    |                      |                       |
| 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 Beugungscontrasts. 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Turbomaschinen</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|--|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Turbomachines  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Turbomaschinen  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr. Francesca di Mare<br>a) Prof. Dr. Francesca di Mare   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Fundierte Kenntnisse der Grundlagen der Fluidenergiemaschinen, Thermodynamik und der Grundlagen der Strömungsmechanik, insbesondere Navier-Stokes Gleichungen   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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 Beschaukelungstypologie) nach den Anforderungen eines Verbrauchers (Leistung, Abmessungen und Arbeitsmedium) vorzunehmen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können physikalische Annahme treffen, um komplexen mathematischen Modelle zu vereinfachen</li> <li>• Die Studierenden können dimensionslose Parameter ableiten, die das Betriebsverhalten einer Turbomaschine synthetisieren</li> <li>• Die Studierenden können parametrische Abhängigkeiten ableiten, graphisch darstellen und verwenden, um eine Maschine oder Teile davon optimal zu gestalten</li> <li>• Die Studierenden können ein Optimierungsworkflow verstehen, analysieren und eigenhändig erstellen</li> <li>• Die Studierenden lernen, wie sie organisiert in Teams zusammenarbeiten und sich austauschen (Übungen und Lerngruppe)</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a)<br>Einführung zu den Turbomaschinen (dynamisch arbeitenden Fluidenergiemaschinen)<br>Klassifizierung der Turbomaschinen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach Funktion (Kraftmaschinen/Arbeitsmaschinen)</li> <li>• Nach Bauart</li> <li>• Nach Eigenschaften des Arbeitsmedium (kompressibel/inkompressibel)</li> </ul> Beispiele von Turbomaschinen und deren Einsatz: Fokus auf den Verdichtern (und Pumpen)<br>Verdichter Bauarten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung zum Radialverdichter: Laufradbauformen und -ausführungen, strömungsrelevante Komponenten</li> <li>• Einführung zum Axialverdichter</li> </ul>   |                        |                          |                                       |                                 |  |

- 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

### Sonstige Informationen

| <b>Turbulenzmodellierung</b>  |                        |                          |                                       |                                 |  |
|---|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Turbulence Modelling  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Modul-Nr.</b>  | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.            | <b>Dauer</b><br>1 Semester      | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Turbulence Modelling   |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 4 SWS (60 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 90 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes WiSe               |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Romuald Skoda<br>a) Prof. Romuald Skoda  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: Fundamental of Fluid Mechanics (Grundlagen der Strömungsmechanik), ideally also Advanced Fluid Mechanics (Fortgeschrittene Strömungsmechanik), Numerical Methods for internal aerodynamics   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>After attendance, the students understand recent turbulence models, which are implemented in common CFD software. They have expanded their competences of networked and critical thinking and are able to assess established methods with regard to accuracy, stability and effort. The students have achieved detailed, also interdisciplinary methodological competences and based on these, they can elaborate solutions of new problems.  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Inhalte</b><br>a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Review of fluid dynamical and numerical fundamentals</li> <li>• Overview over turbulence theory</li> <li>• Introduction to Direct and Large Eddy Simulation</li> <li>• Detailed presentation of statistical turbulence models (Eddy Viscosity and Reynolds Stress models)</li> <li>• Hybrid models: Scale Adaptive (SAS) und Detached Eddy (DES) Simulation</li> <li>• Wall treatment</li> <li>• Laminar turbulent transition</li> <li>• Model additives for stagnation flow, rotation and compressibility</li> </ul> |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Lehrformen / Sprache</b><br>a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Englisch  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Prüfungsformen</b><br>• Mündlich 'Turbulence Modelling' (45 Min., Anteil der Modulnote 100 %)  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b><br>Passed module exam: Oral exam   |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Verwendung des Moduls</b><br>M.Sc. Maschinenbau  |                        |                          |                                       |                                 |  |
| <b>Stellenwert der Note für die Endnote</b><br>Anteil an der Gesamtnote [%] = $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$<br>FAK: Die Gewichtungsfaktoren können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden (s.a. PO 2021 §18).  |                        |                          |                                       |                                 |  |

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

Manuscripts for lecture and exercise are available in both English and German. Also, the entire module will be made available in German as a video stream via Moodle. Further literature will be recommended during the lecture.

| <b>Umweltrisiken</b><br>Environmental Risks  |                        |                          |  |  |   |
|--|------------------------|--------------------------|--|--|---|
| <b>Modul-Nr.</b>   | <b>Credits</b><br>5 LP | <b>Workload</b><br>150 h | <b>Semester</b><br>8. Sem.                               | <b>Dauer</b><br>2 Semester                 | <b>Gruppengröße</b><br>keine<br>Beschränkung    |
| <b>Lehrveranstaltungen</b><br>a) Umweltrisiken 1 – Risiken der industriellen Produktion<br>b) Umweltrisiken 2 – Chemikalien in der Umwelt  |                        |                          | <b>Kontaktzeit</b><br>a) 2 SWS (30 h)<br>b) 2 SWS (30 h) | <b>Selbststudium</b><br>a) 45 h<br>b) 45 h | <b>Turnus</b><br>a) jedes SoSe<br>b) jedes WiSe |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b><br>Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald<br>a) Prof. Dr.-Ing. G. Deerberg<br>b) Prof. Dr.-Ing. G. Deerberg   |                        |                          |  |  |   |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b><br>Empfohlene Vorkenntnisse: keine   |                        |                          |  |  |   |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b><br>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.<br><br>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.<br><br>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><br>a)<br>Umweltrisiken 1: Risiken der industriellen Produktion<br><br>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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

| <b>Ver- und Entsorgungstechnik von Kraftwerken</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Handling Systems for Supply and Disposal Streams of Power Plants  |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. V. Scherer<br>a) Priv.-Doz. Dr.-Ing. Martin Schiemann  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: Strömungsmechanik, Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Die Studierenden kennen:  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• die unterschiedlichen Techniken zur Versorgung von Kraftwerken mit den Arbeitsmedien Wasser, Luft und Brennstoff sowie die Entsorgung der anfallenden Reststoffe,</li> <li>• exemplarisch den Stand moderner Forschung,</li> <li>• modernste Methoden, Anwendungsbeispiele und das entsprechende Fachvokabular.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Ferner können die Studierenden  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe mathematische Problemstellungen in physikalischen Systemen fachübergreifend mit geeigneten Methoden lösen,</li> <li>• Erkenntnisse auf konkrete und neue Problemstellungen übertragen,</li> <li>• komplexe ingenieurtechnische Probleme fachübergreifend modellieren und lösen sowie eigene Ansätze entwickeln und umsetzen.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Die Studierenden haben  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Fähigkeit zu vernetztem und kritischem Denken ausgebaut und sind in der Lage etablierte Methoden und Verfahren auszuwählen und anzuwenden,</li> <li>• vertiefte, auch interdisziplinäre Methodenkompetenz erworben und können diese situativ angepasst anwenden.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Die Studierenden praktizieren wissenschaftliches Lernen und Denken.   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinnvolle Annahmen über Anlagenparameter abschätzen und zur Auslegung notwendige Informationen beschaffen.</li> <li>• die Dimensionen von zu- und abzuführenden Stoffströmen energietechnischer Anlagen abschätzen und grundlegende Konzepte zur Behandlung einzelner Ströme entwerfen.</li> <li>• Einzelne Auslegungsvarianten quantitativ bewerten.</li> <li>• Umweltwechselwirkungen prüfen.</li> <li>• Kosten-Nutzen-Zusammenhänge untersuchen.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |

**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 Kühlturmauslegung 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

**Sonstige Informationen**

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.

| <b>Verfahrensentwicklung und Anlagenplanung</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>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         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Prof. Dr.-Ing. Marcus Grünewald   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: abgeschlossenes Modul „Grundlagen der Verfahrenstechnik“   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können Studierende   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesse zur Herstellung chemischer Produkte entwickeln und deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft einschätzen</li> <li>• charakteristische Merkmale von Syntheserouten bewerten und prozesstechnische Auslegungsregeln anwenden sowie den notwendigen Informationsbedarf für diese Aufgaben erkennen und diese Informationen beschaffen</li> <li>• 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.</li> <li>• die Phasen und Probleme der Anlagenplanung erklären und einzelne Problemstellungen in den Planungsphasen einordnen</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a)   |                |                 |                    |                      |                       |
| In der Lehrveranstaltung werden die Methoden der Verfahrensentwicklung und der Anlagenplanung vermittelt. Dazu werden insbesondere nachfolgende Themen adressiert:   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftliche Methoden der Prozessentwicklung und Anlagenplanung</li> <li>• Methoden und Kriterien der Reaktorauswahl und Reaktionsführung</li> <li>• Thermodynamische Voraussetzungen zur Auswahl und Synthese von Trennsequenzen</li> <li>• Patente als Informationsquelle für die Prozessentwicklung</li> <li>• Prozesstechnische Möglichkeiten der Wärme- und Ressourcenintegration</li> <li>• Simulation verfahrenstechnischer Prozesse mittels Aspen Plus®</li> <li>• Methoden und Dokumente der Anlagenplanung (Erstellung der Mengen- und Enthalpiebilanzen, Prozessdarstellung im Grund-, Verfahrens- und R&amp;I-Fließbild, Aufstellungs- und Rohrleitungsplanung, apparate- und maschinentechnische Auslegung, Einbindung des prozessintegrierten Umweltschutzes, wärmetechnische Optimierung) in den verschiedenen Planungsphasen</li> <li>• Für die Planung notwendige Investitions- und Produktionskostenbetrachtungen</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (2 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |

• 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**

| <b>Verschleißschutztechnologie</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 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<br>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 Verbundwerkstoffe 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 Prüfmethode, 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 [%] =  $5 * 100 * \text{FAK} / \text{DIV}$

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

DIV: Die Werte können dem Inhaltsverzeichnis entnommen werden.

#### **Sonstige Informationen**

| <b>Vertriebsmanagement und -controlling</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Sales Management and Controlling   |                |                 |                    |                      |                       |
| <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<br>Beschränkung |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>         |
| a) Vertriebsmanagement und -controlling  |                |                 | a) 3 SWS (45 h)    | a) 105 h             | a) jedes SoSe         |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Prof. Dr. Jens Pöppelbuß   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Dr. rer. oec. Luis Barrantes  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Teilnahmevoraussetzungen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| Empfohlene Vorkenntnisse: keine  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lernziele/Kompetenzen</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse im Vertriebsmanagement, Controlling und Vertriebscontrolling</li> <li>• Die Studierenden können geeignete Kennzahlen zur Vertriebsplanung, -steuerung und -kontrolle konzipieren.</li> <li>• Sie sind in der Lage operative und strategische Methoden des Vertriebscontrollings zu entwickeln.</li> <li>• Sie können ein Sales Management Cockpit beispielhaft für ein Unternehmen entwickeln.</li> <li>• Die Studierenden können Methoden der Kundenstruktur-, Kundenwert- und Kundenpotenzialanalyse beschreiben und geeignete Methoden für eine spezifische Anwendung auswählen.</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| a) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodische Grundlagen des Vertriebsmanagements und -controllings</li> <li>• Kennzahlenkonstruktion und Kennzahlensysteme</li> <li>• Strategisches Vertriebscontrolling</li> <li>• Operatives Vertriebscontrolling</li> <li>• Methoden der Markt- und Wettbewerbsanalyse</li> <li>• Methoden der Kundenstruktur-, Kundenwert- und Kundenpotenzialanalyse</li> <li>• Durchführung einer Produkterfolgsrechnung</li> </ul> <p>Referenten aus der Industrie berichten über ihre Praxiserfahrungen im Vertriebsmanagement und -controlling und vermitteln auf diese Weise den Anwendungsbezug verschiedener Methoden.</p>                  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| a) Übung (1 SWS) / Vorlesung (2 SWS) / Deutsch   |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausur 'Vertriebsmanagement und -controlling' (90 Min., Anteil der Modulnote 100 %)</li> <li>• Studienbegleitende Aufgaben: 1. Projektbericht (Gruppenleistung, insgesamt 25 Stunden Workload pro Gruppenmitglied, Umfang: ca. 20 Seiten zzgl. Literaturverzeichnis und Anhänge, Abgabefristen werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben). 2. Präsentation (Gruppenleistung, Umfang: ca. 15 Minuten. Themen und Termine werden am Anfang des Semesters bekanntgegeben)</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>   |                |                 |                    |                      |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                       |



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

| <b>Werkstoffe der Energietechnik</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Materials for Energy Technology  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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           | 60                  |
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |                |                 | <b>Kontaktzeit</b> | <b>Selbststudium</b> | <b>Turnus</b>       |
| a) Werkstoffe der Energietechnik   |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler   |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Dr. rer. nat. Christoph Somsen  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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 Eigenschaften von Hochtemperaturwerkstoffklassen, wie angelassene martensitische Chromstähle und Ni-Basissuperlegierungen zu beurteilen.</li> <li>• Lebensdauerkonzepte zu beurteilen und zu prüfen.</li> <li>• kritische Komponenten in Energieanlagen und deren Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften zu bewerten.</li> <li>• eine Werkstoffauswahl anforderungsgerecht durchzuführen.</li> </ul>   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| 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:   |                |                 |                    |                      |                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kriechen, die Spannungsrelaxation, Ermüdung und Hochtemperaturoxidation von Werkstoffen</li> <li>• 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</li> <li>• Verfestigungskonzepte im Bereich von Hochtemperaturwerkstoffen, wie Mischkristallverfestigung, Ausscheidungsverfestigung und Verbundverstärkung werden behandelt</li> <li>• Einige ausgewählte Werkstoffprobleme aus den Bereichen Windenergie, Solarenergie und Energiespeicherung werden angesprochen, insbesondere hier lebensdauerbegrenzende Schädigungsmechanismen</li> </ul> |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Vorlesung mit Übung / Deutsch   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Prüfungsformen</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| • Klausur 'Werkstoffe der Energietechnik' (180 Min., Anteil der Modulnote 100 %)   |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Bestandene Modulabschlussprüfung: Klausur  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Verwendung des Moduls</b>   |                |                 |                    |                      |                     |

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

Ein Skriptum zur Vorlesung ist vorhanden

---

| <b>Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Materials for Biomedical Engineering and Bionic Materials Researches  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Werkstoffe der biomedizinischen Technik und bionische Materialforschung  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber<br>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 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.</li> <li>• kennen die Studierenden verschiedene implantatspezifische Herstellungsmethoden sowie die Werkzeugwerkstoffe zur Bearbeitung von Implantaten, einschließlich unterschiedlicher Beschichtungsmethoden von Implantaten und Werkzeugen.</li> <li>• unterscheiden Studierende zwischen metallischen, keramischen und polymeren Implantatkomponenten sowie deren Eigenschaften und Einsatzgebieten.</li> <li>• haben die Studierenden materialbasierte Produktlösungen kennengelernt und können diese in Projektarbeiten einbringen.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| a)<br>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. |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Vorlesung mit Übung / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |

• 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**

| <b>Werkstoffe der biomedizinischen Technik u. bionische Materialforschung</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
|---|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Materials for Biomedical Engineering and Bionic Materials Researches  |                |                 |                    |                      |                     |
| <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) Werkstoffe der biomedizinischen Technik und bionische Materialforschung  |                |                 | a) 4 SWS (60 h)    | a) 90 h              | a) jedes WiSe       |
| <b>Modulverantwortliche/r und hauptamtlich Lehrende/r</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| Prof Dr.-Ing. Sebastian Weber<br>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 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.</li> <li>• kennen die Studierenden verschiedene implantatspezifische Herstellungsmethoden sowie die Werkzeugwerkstoffe zur Bearbeitung von Implantaten, einschließlich unterschiedlicher Beschichtungsmethoden von Implantaten und Werkzeugen.</li> <li>• unterscheiden Studierende zwischen metallischen, keramischen und polymeren Implantatkomponenten sowie deren Eigenschaften und Einsatzgebieten.</li> <li>• haben die Studierenden materialbasierte Produktlösungen kennengelernt und können diese in Projektarbeiten einbringen.</li> </ul>  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Inhalte</b>  |                |                 |                    |                      |                     |
| a)<br>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. |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Lehrformen / Sprache</b>   |                |                 |                    |                      |                     |
| a) Vorlesung mit Übung / Deutsch  |                |                 |                    |                      |                     |
| <b>Prüfungsformen</b>   |                |                 |                    |                      |                     |

• 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**