

# Modulhandbuch

*M.Sc. Energie- und Prozesstechnik*

Fakultät für Maschinenwesen

Technische Universität München

[www.tum.de](http://www.tum.de)

[www.mw.tum.de](http://www.mw.tum.de)

## Allgemeine Informationen und Lesehinweise zum Modulhandbuch

### **Zu diesem Modulhandbuch:**

Ein zentraler Baustein des Bologna-Prozesses ist die Modularisierung der Studiengänge, das heißt die Umstellung des vormaligen Lehrveranstaltungssystems auf ein Modulsystem, in dem die Lehrveranstaltungen zu thematisch zusammenhängenden Veranstaltungsblöcken - also Modulen - gebündelt sind. Dieses Modulhandbuch enthält die Beschreibungen aller Module, die im Studiengang angeboten werden. Das Modulhandbuch dient der Transparenz und versorgt Studierende, Studieninteressierte und andere interne und externe Adressaten mit Informationen über die Inhalte der einzelnen Module, ihre Qualifikationsziele sowie qualitative und quantitative Anforderungen.

### **Wichtige Lesehinweise:**

#### **Aktualität**

Jedes Semester wird der aktuelle Stand des Modulhandbuchs veröffentlicht. Das Generierungsdatum (siehe Fußzeile) gibt Auskunft, an welchem Tag das vorliegende Modulhandbuch aus TUMonline generiert wurde.

#### **Rechtsverbindlichkeit**

Modulbeschreibungen dienen der Erhöhung der Transparenz und der besseren Orientierung über das Studienangebot, sind aber nicht rechtsverbindlich. Einzelne Abweichungen zur Umsetzung der Module im realen Lehrbetrieb sind möglich. Eine rechtsverbindliche Auskunft über alle studien- und prüfungsrelevanten Fragen sind den Fachprüfungs- und Studienordnungen (FPSOen) der Studiengänge sowie der allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung der TUM (APSO) zu entnehmen.

#### **Wahlmodule**

Wenn im Rahmen des Studiengangs Wahlmodule aus einem offenen Katalog gewählt werden können, sind diese Wahlmodule in der Regel nicht oder nicht vollständig im Modulhandbuch gelistet.

## Verzeichnis Modulbeschreibungen (SPO-Baum)

Alphabetisches Verzeichnis befindet sich auf Seite 279

<b>[20191] Energie- und Prozesstechnik   Energy and Process Technology</b>	
<b>Master's Thesis   Master's Thesis</b>	8
<b>[MW1266] Master's Thesis   Master's Thesis [Thesis]</b>	8 - 10
<b>Forschungspraxis   Research Practice</b>	11
<b>[MW1241] Semesterarbeit   Term Project</b>	12 - 13
<b>[MW2398] Teamprojekt   Team Project</b>	14 - 16
<b>[MW2399] Forschungspraktikum   Practical Research Course</b>	17 - 19
<b>Mastermodule   Master Modules</b>	20
<b>Pflichtmodul   Required Module</b>	21
<b>[MW0006] Wärme- und Stoffübertragung   Heat and Mass Transfer [WSÜ]</b>	21 - 23
<b>Methodische Grundlagen   Methodological Fundamentals</b>	24
<b>Kernmodule</b>	25
<b>[MW0050] Grundlagen der Mehrphasenströmungen mit Seminar       Fundamentals of Multiphase Flows with Seminar [GMS]</b>	25 - 27
<b>[MW0136] Verbrennung   Combustion</b>	28 - 29
<b>[MW1896] Reaktionsthermodynamische Grundlagen für     Energiesysteme   Basic Course in Reaction Thermodynamics</b>	30 - 31
<b>[MW2249] Optimierung und Modellanalyse   Optimization and Model     Analysis [OptBiotech]</b>	32 - 34
<b>[MW2390] Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse   Modeling of     chemical engineering processes [MVP]</b>	35 - 37
<b>Weitere Säulenmodule</b>	38
<b>[CH3065] Grundlagen der Elektrochemie   Fundamental     Electrochemistry</b>	38 - 39
<b>[MW0357] Gasdynamik   Gas Dynamics [Gdy]</b>	40 - 42
<b>[MW0538] Moderne Methoden der Regelungstechnik 1   Modern     Control 1</b>	43 - 46
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen   Turbulent Flows [TS]</b>	47 - 48
<b>[MW0612] Finite Elemente   Finite Elements [FE]</b>	49 - 50
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie   Boundary-Layer Theory [GST]</b>	51 - 52
<b>[MW1628] Angewandte CFD   Applied CFD</b>	53 - 54
<b>Energietechnische Systeme   Energy Systems</b>	55
<b>[EI70860] Integration of Renewable Energies   Integration of Renewable     Energies [IRE]</b>	56 - 57
<b>[EI70870] Modellierung von Energiesystemen   Modeling of Energy     Systems</b>	58 - 59
<b>[EI7468] Mathematische Methoden zur Ausbau- und Einsatzplanung     in modernen Energiesystemen   Mathematical Modeling for expansion and     dispatch planning in modern energy systems [MAE]</b>	60 - 61
<b>[MW0127] Thermische Kraftwerke   Thermal Power Plants</b>	62 - 64

<b>[MW0799] Einführung in die Kernenergie</b>   Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]	65 - 67
<b>[MW0884] Grundlagen der Nukleartechnik</b>   Fundamentals of Nuclear Engineering [NUK 2]	68 - 71
<b>[MW1353] Strahlung und Strahlenschutz</b>   Radiation and Radiation- Protection [NUK 7]	72 - 74
<b>[MW1814] Solarthermische Kraftwerke</b>   Solarthermal Power Plants	75 - 76
<b>[MW2152] Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems</b>   Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems	77 - 79
<b>[MW2244] Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen mit Seminar</b>   Energy from Biomass and Residuals with Seminar	80 - 82
<b>[MW2392] Strom- und Wärmespeicher im Energiesektor</b>   Electricity and Thermal Storage in the Energy Sector [SWS]	83 - 85
<b>[MW2428] Solar Engineering</b>   Solar Engineering [SolEng]	86 - 89
<b>Energietechnische Maschinen und Komponenten</b>   Energy Technology Machines and Components	90
<b>[CH3063] Angewandte Elektrochemie</b>   Applied Electrochemistry	91 - 92
<b>[EI0611] Grundlagen Elektrischer Energiespeicher</b>   Basics of Electrical Energy Storage	93 - 94
<b>[MW0058] Prozesstechnik in Kraftwerken</b>   Process Technology in Power Plants	95 - 97
<b>[MW0066] Motormechanik</b>   Engine Mechanics [VM-MM]	98 - 100
<b>[MW0138] Motorthermodynamik und Brennverfahren</b>   Thermodynamics of Internal Combustion Engines and Combustion Processes [VM-TB]	101 - 102
<b>[MW0510] Flugantriebe 1 und Gasturbinen</b>   Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]	103 - 105
<b>[MW0633] Methoden in der Motorapplikation</b>   Methods in Engine Application	106 - 107
<b>[MW0964] Grundlagen und thermohydraulische Analyse von Kraftwerken</b>   Fundamentals and Thermal-Hydraulic Analysis of Power Stations [NUK4]	108 - 110
<b>[MW2119] Turbomaschinen</b>   Turbomachinery	111 - 112
<b>[MW2427] Kernfusionstechnik</b>   Nuclear Fusion Technology [Kernfusionstechnik]	113 - 117
<b>[PH2050] Reaktorphysik 1 und Anwendungen der Kerntechnik</b>   Reactor Physics 1 and Applications of Nuclear Technology	118 - 120
<b>[PH2051] Reaktorphysik 2 und neue Konzepte in der Kerntechnik</b>   Reactor Physics 2 and new Concepts in Nuclear Technology	121 - 123
<b>Verfahrenstechnik</b>   Process Technology	124
<b>[CH0215] Betrieb und Auslegung chemischer Reaktoren</b>   Operation and Design of Chemical Reactors	125 - 127

<b>[CH3094] Industrielle Chemische Prozesse 1 - Katalyse für Energie  </b> Industrial Chemical Processes 1 - Catalysis for Energy	128 - 129
<b>[CH3095] Industrielle Chemische Prozesse 2 - Katalyse für Synthese  </b> Industrial Chemical Processes 2 - Catalysis for Synthesis	130 - 131
<b>[CS0003] Production of alternative fuels  </b> Production of alternative fuels	132 - 133
<b>[MW0018] Bioprozesse  </b> Bioprocesses	134 - 135
<b>[MW0019] Bioreaktoren  </b> Bioreaction Engineering	136 - 137
<b>[MW0129] Thermische Verfahrenstechnik 2  </b> Thermal Separation Principles 2 [TVT II]	138 - 139
<b>[MW0376] Biofluid Mechanics  </b> Biofluid Mechanics	140 - 141
<b>[MW0437] Prozess- und Anlagentechnik  </b> Process and Plant Engineering [PAT]	142 - 144
<b>[MW1141] Modellierung zellulärer Systeme  </b> Modelling of Cellular Systems [ModSys]	145 - 146
<b>[MW1145] Bioproduktaufarbeitung 1  </b> Bioseparation Engineering 1 [BSE1]	147 - 148
<b>[MW1146] Bioproduktaufarbeitung 2  </b> Bioseparation Engineering 2 [BSE2]	149 - 150
<b>[MW1147] Auslegung thermischer Apparate  </b> Equipment Design [ATA]	151 - 152
<b>[MW1969] Desalination  </b> Desalination	153 - 154
<b>[MW1977] Planung thermischer Prozesse  </b> Process Design [PTP]	155 - 157
<b>[MW2202] Chemische Reaktortechnik  </b> Chemical Reactors	158 - 159
<b>[MW2258] Umweltbioverfahrenstechnik  </b> Environmental and Biochemical Engineering	160 - 161
<b>[MW2410] Chromatographie mit ChromX (.) Simulationsseminar  </b> Chromatography with ChromX ( ) Simulation Seminar [ChromX]	162 - 164
<b>Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung  </b> Flexibilization in Engineering Sciences	165
<b>Allgemeine Mastermodule aus dem Maschinenwesen  </b> General Master Modules in Mechanical Engineering	166
<b>[MW0867] Roboterdynamik  </b> Robot Dynamics	167 - 169
<b>[MW2131] Menschliche Zuverlässigkeit  </b> Human Reliability [Menschliche Zuverlässigkeit]	170 - 171
<b>[MW2463] Additive Fertigung mit Kunststoffen  </b> Additive Manufacturing with Plastics	172 - 173
<b>Campus Straubing</b>	174
<b>[CS0124] Sustainable Production  </b> Sustainable Production [SP]	174 - 176
<b>Chemie</b>	177
<b>[CH1318] Computational Fluid Dynamics (CFD) mit Open-Source-         Software  </b> Computational Fluid Dynamics (CFD) with Open-Source- Software	177 - 179
<b>Schlüsselkompetenzen  </b> Key Competencies	180
<b>Angebote Zentrum für Schlüsselkompetenzen  </b> Center of Key Competencies	181

<b>[MW2148] Master Soft Skill Workshops</b>   Master Soft Skill Workshops	181 - 183
<b>[MW2223] Soft Skill Trainings in Kooperationsprojekten</b>   Soft Skill Trainings in Project Cooperations	184 - 186
<b>Angebote Sprachenzentrum</b>   Language Center	187
<b>Englisch</b>   English	187
<b>[SZ0413] Englisch - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1</b>   English - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1	187 - 188
<b>[SZ0423] Englisch - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1</b>   English - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1	189 - 190
<b>Angebote Carl-von-Linde-Akademie</b>   Carl-von-Linde-Akademie	191
<b>[CLA20210] Technikphilosophie</b>   Philosophy of Technology	191 - 192
<b>[CLA20230] Ethik und Verantwortung</b>   Ethics and Responsibility	193 - 194
<b>Angebote der Professuren im Maschinenwesen</b>	195
<b>[MW2457] Ethikanträge in der Mensch-Technik Forschung</b>   Ethical Proposals in Human-Machine Research [EAMTF]	195 - 197
<b>Ergänzungsfächer</b>   Supplementary Subjects	198
<b>Ergänzungsfächer</b>   Supplementary Subjects	199
<b>[BV340015] Bahnmodul im Verkehrswegebau</b>   Railway module	199 - 200
<b>[CH3126] Aerosole: Bedeutung, Vorkommen und deren Charakterisierung 3CR</b>   Aerosol Characterization	201 - 203
<b>[EI71061] Electrical and Optical Systems for Bioanalytics</b>   Electrical and Optical Systems for Bioanalytics [Electrical and Optical Systems for Bioanalytics]	204 - 205
<b>[LRG0300] Mensch und Luftfahrt</b>   Humans in Aviation	206 - 208
<b>[MW0210] CFD-Simulation thermischer Prozesse</b>   CFD-Simulation of Thermal Processes [CSTP]	209 - 211
<b>[MW1806] Zeitdiskrete Systeme und Abtastregelung</b>   Discrete-Time Systems and Control	212 - 215
<b>[MW2185] Stromnetze</b>   Power Grids [SN]	216 - 218
<b>[MW2227] A Practical Course in Numerical Methods for Engineers</b>   A Practical Course in Numerical Methods for Engineers	219 - 220
<b>[MW2393] Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren</b>   Multi-step Additive Manufacturing [Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren]	221 - 223
<b>[MW2396] Signalverarbeitung in der Vibroakustik</b>   Vibro-acoustic Signal Processing	224 - 226
<b>[MW2445] Machine-Learning-basierte Modellierung in der Strukturdynamik</b>   Machine Learning Based Modeling in Structural Dynamics [MLM]	227 - 229
<b>[MW2446] Digital Ergonomics</b>   Digital Ergonomics [Digital Ergonomics]	230 - 232

<b>[MW2452] Finite Elemente in der Fluidmechanik</b>   Finite Elements in Fluid Mechanics [FEF]	233 - 234
<b>[MW2454] Gefügemodifikation durch Additive Fertigung</b>   Microstructural Modifications in Additive Manufacturing	235 - 236
<b>[MW2461] Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models</b>   Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models [MLUQPBM]	237 - 239
<b>[MW2466] Elektrische Antriebstechnik in der Automatisierungstechnik - Auswahl und Auslegung</b>   Electric Drive Technology in Automation Engineering - Selection and Design	240 - 242
<b>[WZ1339] Robotics and Automation in Agriculture</b>   Robotics and Automation in Agriculture	243 - 244
<b>Hochschulpraktika</b>   Lab Courses	245
<b>Hochschul-Praktika</b>   Lab Courses	246
<b>[EI78021] Praktikum In Vitro Diagnostik</b>   In vitro Diagnostics - Practical Course [IVD - Praktikum]	246 - 248
<b>[EI78030] Praktikum Robot Modelling and Identification</b>   Robot Modelling and Identification Lab	249 - 251
<b>[EI78032] Praktikum Design und Simulation von Mikroelektromechanischen Systemen (MEMS)</b>   Lab on Design and Simulation of Microelectromechanical Systems (MEMS)	252 - 254
<b>[EI78050] Project Laboratory Electrochemistry and Biosensors</b>   Project Laboratory Electrochemistry and Biosensors [PPECHEMBIO]	255 - 257
<b>[EI78051] Project Laboratory Microfluidics – Design, Fabrication, and Application</b>   Project Laboratory Microfluidics – Design, Fabrication, and Application [PPMIFLU]	258 - 260
<b>[EI78052] Project Laboratory Neuroelectronics</b>   Project Laboratory Neuroelectronics [PPNEURO]	261 - 263
<b>[EI78053] Project Laboratory Brain-Computer Interfaces</b>   Project Laboratory Brain-Computer Interfaces [PPBCI]	264 - 266
<b>[MW2414] Numerische Akustik in Python</b>   Computational Acoustics in Python	267 - 268
<b>[MW2430] Praktikum Batterieproduktion</b>   Laboratory Production [LIBP]	269 - 270
<b>[MW2436] Mobilitätsdatenanalyse</b>   Mobility Data Analysis [MDA]	271 - 273
<b>[MW2438] Mobile Robotik in der Intralogistik</b>   Mobile Robotics in Intralogistics [PMR]	274 - 276
<b>[MW2451] Praktisches Deep Learning</b>   Hands-on Deep Learning	277 - 278

## Master's Thesis | Master's Thesis

### Modulbeschreibung

#### MW1266: Master's Thesis | Master's Thesis [Thesis]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 30	<b>Gesamtstunden:</b> 900	<b>Eigenstudiums- stunden:</b>	<b>Präsenzstunden:</b>

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung ist eine wissenschaftliche Ausarbeitung, begleitet von einem Abschlussvortrag, sowie der Übungsleistung zum Seminar "Wissenschaftlich Arbeiten".

Die Wissenschaftliche Ausarbeitung

- In Form einer Master's Thesis (schriftliche Leistung, Studienarbeit) demonstrieren die Studierenden, dass sie in der Lage sind, durch die eigenständige Bearbeitung eines Teilaspekts einer praktischen Forschungsarbeit ein theoretisches, experimentelles oder konstruktives Problem aus dem Bereich des Masterstudiengangs eigenständig zu lösen. Sie entwickeln mit den im Studium erlernten fachlichen Ansätzen eigene wissenschaftliche Methoden und verfassen dazu eine schriftliche Studienarbeit (100% der Modulnote).

- Abschlussvortrag: Mit dem Abschlussvortrag wird überprüft, ob die Studierenden ihr Vorgehen sowie ihre Methoden und Ergebnisse vor einem Fachpublikum fachlich und wissenschaftlich rechtfertigen können. Sie weisen ihre rhetorischen Fähigkeiten nach und überzeugen durch professionelles Auftreten (Studienleistung, muss bestanden werden).

Übungsleistung zum Seminar "Wissenschaftlich Arbeiten":

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer fertigen mit dem Wissen zum Verfassen wissenschaftlicher Texte und anhand der Richtlinien guter wissenschaftlicher Praxis am Ende des Seminars ein Exposee zur Studienarbeit an, welches von Seiten des Studierenden, des Betreuers von Seiten des Lehrstuhls, sowie von der ZSK-Verantwortlichen bewertet und unterzeichnet wird (Studienleistung, muss bestanden werden).



### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Siehe FPSO, § 46, Abs. 2:

Zur Master's Thesis wird zugelassen, wer den Nachweis über

1. die Modulprüfungen gemäß § 43 Abs. 1 Nr. 1 (FPSO),
2. die Hochschulpraktika,
3. die Ergänzungen,
4. die Soft-Skills und
5. eine Semesterarbeit erfolgreich erbracht hat.

Abweichend davon kann ein Studierender vorzeitig zur Master's Thesis zugelassen werden, wenn er mindestens 80 Credits erreicht hat.

### **Inhalt:**

Die Studierenden lösen experimentell, konstruktiv oder theoretisch Probleme aus dem Bereich des Masterstudiengangs anhand erlernter Methoden und daraus selbstständig entwickelter Methoden und Lösungsansätze. Dazu verfassen sie eigenständig eine wissenschaftliche Ausarbeitung gemäß den Richtlinien zur Sicherung wissenschaftlicher Praxis. Dabei werden die Qualitätskriterien guter wissenschaftlicher Praxis angewendet.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, wissenschaftliche Problemstellungen aus dem Themenfeld des Masterstudiengangs eigenständig zu bearbeiten und mit dem Fachwissen aus dem Studium sowie mit relevanter Fachliteratur, die selbstständig herangezogen wird, eigene Methoden und Lösungsansätze zu entwerfen. Die Ergebnisse werden ausgewertet, zusammengefasst, von den Studierenden auf Plausibilität überprüft und wissenschaftlich gerechtfertigt. Auf Basis ihrer Ergebnisse sind die Studierenden fähig ihre neuen Methoden und Lösungsansätze zu rechtfertigen und zu beweisen.

Sie haben einen Zeitplan für ihre Thesis / einen Projektplan erstellt und können diese / diesen innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit erfüllen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Zeitmanagement können die Studierenden ihr eigenes Zeitverhalten reflektieren und den Zeitverlauf ihrer Thesis sinnvoll planen.

Am Ende des Moduls Master's Thesis sind die Studierenden in der Lage ohne Hilfestellung eines Betreuers eine wissenschaftliche Arbeit selbstständig zu verfassen. Das beinhaltet umfassende Kenntnisse bezüglich des wissenschaftssprachlichen Ausdrucks und der Zitierregeln, des Aufbaus der Arbeit sowie der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.

Im Bereich Präsentieren beweisen sie ihre rhetorischen und fachlichen Fähigkeiten. Sie überzeugen durch einen strukturierten Vortrag, in dem sie wichtige Aspekte der Master's Thesis

kompakt aber vollständig innerhalb der vorgegebenen Vortragszeit verständlich und nachvollziehbar einem Fachpublikum vorstellen und vor diesem rechtfertigen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Durch die Teilnahme am Modul Master's Thesis führen die Studierenden Tätigkeiten einer Ingenieurin/eines Ingenieurs aus. Die Master's Thesis ist als Projektarbeit konzipiert. Jede/r Studierende bearbeitet ein eigenes Projekt in selbständiger Einzelarbeit.

Jede/r Studierende bekommt einen eigene Prüferin/einen eigenen Prüfer zugeordnet. Diese/r berät die/den Studierenden zu Beginn der Arbeit, indem sie/er in das Thema einführt, Hinweise zu geeigneter Literatur und hilfreiche Tipps zur fachlichen Arbeit gibt.

Im Zuge des Seminars zum Wissenschaftlichen Arbeiten werden in einem Vortrag die Grundlagen und die Richtlinien guter wissenschaftlicher Praxis vermittelt. Durch Zuruffragen, Peerreviews und E-Tests kann dieses Wissen vertieft und ausgebaut sowie Unklarheiten geklärt werden. In Einzel- und Kleingruppenarbeit werden Beispiele wissenschaftlicher Texte hinsichtlich der Einhaltung guter wissenschaftlicher Praxis (Zitierregeln...) korrigiert und erarbeitet.

**Medienform:**

Wissenschaftliche Ausarbeitung:

Eigenstudium; praktische Tätigkeit unter Anleitung eines / einer Prüfenden

Wissenschaftlich Arbeiten:

Präsentationen; e-learning

**Literatur:**

Wissenschaftliche Ausarbeitung:

Einschlägige Literatur zum gewählten Thema

Wissenschaftlich Arbeiten:

Literaturhinweise und -empfehlungen erhalten Sie in den Präsenzveranstaltungen und auf der online Plattform moodle.

**Modulverantwortliche(r):**

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Schlüsselkompetenzen für die wissenschaftliche Praxis 2 für Masterstudierende (Vorlesung, 2 SWS)

Zauner A [L], Zauner A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Forschungspraxis | Research Practice**

Aus dem Wahlbereich Forschungspraxis ist ein Modul zu erbringen.

## Modulbeschreibung

### MW1241: Semesterarbeit | Term Project

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 11	<b>Gesamtstunden:</b> 330	<b>Eigenstudiums- stunden:</b>	<b>Präsenzstunden:</b>

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### **Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:**

Die Modulprüfung besteht aus folgenden Leistungen:

Wissenschaftliche Ausarbeitung in Form einer Semesterarbeit:

Mit der Semesterarbeit demonstrieren die Studierenden, dass sie in der Lage sind, durch die eigenständige Durchführung einer praktischen Forschungsarbeit, Probleme aus dem Bereich des Masterstudiengangs unter Berücksichtigung der erlernten fachlichen Ansätze und unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden eigenständig zu lösen. Die Studierenden zeigen zudem, dass sie sicher im Verfassen wissenschaftlicher Texte sind.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester / Semesterende

#### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Abgeschlossenes Bachelorstudium, das das Verfassen einer Bachelor's Thesis beinhaltet.

#### **Inhalt:**

Die/der Studierende löst experimentell, konstruktiv oder theoretisch ein Problem aus dem Bereich des Masterstudiengangs. Dazu verfasst sie/er eigenständig eine wissenschaftliche Ausarbeitung gemäß den Richtlinien zur Sicherung wissenschaftlicher Praxis. Dabei werden die Qualitätskriterien guter wissenschaftlicher Praxis vertieft und angewendet.

#### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls ist die/der Studierende in der Lage, eine wissenschaftliche Problemstellung aus dem Themenfeld des Masterstudiengangs eigenständig zu bearbeiten bzw. mit den im Studium erlernten Methoden und/oder relevanter Fachliteratur,

die selbstständig herangezogen wird, zu beurteilen und auszuwerten. Die Ergebnisse werden ausgewertet, zusammengefasst, von der/vom Studierenden auf Plausibilität überprüft und wissenschaftlich interpretiert. Auf Basis derer ist die/der Studierende fähig neue Beobachtungen und Erkenntnisse zu formulieren.

Die Studierenden sind fähig, einen individuellen Projektplan zu erstellen und innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit abzuarbeiten.

Am Ende der Lehrveranstaltung ist die/der Studierende sicher im Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit, was den wissenschaftssprachlichen Ausdruck und die Zitierregeln, den Aufbau der Arbeit sowie die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse umfasst.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Durch die Teilnahme am Modul Semesterarbeit üben die Studierenden Tätigkeiten einer Ingenieurin/eines Ingenieurs. Die Semesterarbeit ist als Projektarbeit konzipiert. Jede/r Studierende bearbeitet ein eigenes Projekt in selbständiger Einzelarbeit.

Jede/r Studierende bekommt einen eigenen Prüferin/einen eigenen Prüfer zugeordnet. Diese/r unterstützt die/den Studierenden zu Beginn der Arbeit, indem sie/er in das Thema einführt, geeignete Literatur zur Verfügung stellt und Hinweise sowohl bei der fachlichen Arbeit als auch bei der Erstellung der schriftlichen Ausarbeitung gibt.

**Medienform:**

Eigenstudium; praktische Tätigkeit unter Anleitung einer/eines Prüfenden

**Literatur:**

Einschlägige Literatur zum gewählten Thema

**Modulverantwortliche(r):**

Fachkundige/r Prüfer/in der Fakultät für Maschinenwesen

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2398: Teamprojekt | Team Project

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 11	<b>Gesamtstunden:</b> 330	<b>Eigenstudiums- stunden:</b>	<b>Präsenzstunden:</b>

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus folgenden Leistungen:

Wissenschaftliche Ausarbeitung im Rahmen eines Teamprojektes (individuelle Prüfungsleistung):  
Mit der Anfertigung der wissenschaftlichen Ausarbeitung zum Teamprojekt demonstrieren die Studierenden, dass sie in der Lage sind, durch die eigenständige Durchführung einer praktischen Forschungsarbeit, Probleme aus dem Bereich des Masterstudiengangs unter Berücksichtigung der erlernten fachlichen Ansätze und unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden eigenständig zu lösen (100% der Modulnote). Die Studierenden zeigen zudem, dass sie sicher im Verfassen wissenschaftlicher Texte sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes Bachelorstudium, das das Verfassen einer Bachelor's Thesis beinhaltet.

#### Inhalt:

Die/der Studierende löst experimentell, konstruktiv oder theoretisch ein Problem aus dem Bereich des Masterstudiengangs. Die Ergebnisse der individuellen Einzelprojekte dienen dabei der Bearbeitung eines übergeordneten Projektes. Dazu verfasst sie/er eigenständig eine wissenschaftliche Ausarbeitung gemäß den Richtlinien zur Sicherung wissenschaftlicher Praxis. Dabei werden die Qualitätskriterien guter wissenschaftlicher Praxis vertieft und angewendet.

**Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls ist die/der Studierende in der Lage, ein Einzelprojekt (eine wissenschaftliche Problemstellung aus dem Themenfeld des Masterstudiengangs), das in einem größeren Projektzusammenhang angesiedelt ist und in dem mehrere Studierende unter Anleitung einer Prüferin/eines Prüfers parallel an Teilaspekten dieses größeren Projekts arbeiten, zu bearbeiten.

Sie sind in der Lage, diese Problemstellung mit den im Studium erlernten Methoden und/oder relevanter Fachliteratur, die selbstständig herangezogen wird und im Team ausgetauscht werden kann, zu beurteilen und auszuwerten. Sie sind in der Lage, die Ergebnisse auszuwerten, zusammenzufassen sowie auf Plausibilität zu überprüfen und wissenschaftlich zu interpretieren. Auf Basis derer ist die/der Studierende fähig neue Beobachtungen und Erkenntnisse zu formulieren.

Die Studierenden sind fähig, innerhalb eines größeren Projektes, einen individuellen Projektplan für ein Einzelprojekt zu erstellen und innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit abzuarbeiten.

Am Ende der Lehrveranstaltung sind die Studierenden sicher im Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit, was den wissenschaftssprachlichen Ausdruck und die Zitierregeln, den Aufbau der Arbeit sowie die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse umfasst. Sie sind zum fachlichen Austausch innerhalb des Projektteams in der Lage und können Projektpläne innerhalb ihres Team erstellen und umsetzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Durch die Teilnahme am Modul üben die Studierenden Tätigkeiten einer Ingenieurin/eines Ingenieurs. Das Teamprojekt ist als Projektarbeit konzipiert. Jede/r Studierende bearbeitet ein eigenes Projekt in selbständiger Einzelarbeit (Einzelprojekt), das Teil eines größeren Projektzusammenhangs ist. Jede Gruppe bekommt einen eigene Prüferin/einen eigenen Prüfer zugeordnet. Diese/r unterstützt die Studierenden zu Beginn der Arbeit, indem sie/er in das Thema einführt, geeignete Literatur zur Verfügung stellt und Hinweise sowohl bei der fachlichen Arbeit als auch bei der Erstellung der schriftlichen Ausarbeitung gibt.

**Medienform:**

Eigenstudium; Teamarbeit und praktische Tätigkeit unter Anleitung einer/eines Prüfenden

**Literatur:**

Einschlägige Literatur zum gewählten Thema

**Modulverantwortliche(r):**

Fachkundige/r Prüfer/in der Fakultät für Maschinenwesen

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW2399: Forschungspraktikum | Practical Research Course

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 11	<b>Gesamtstunden:</b> 330	<b>Eigenstudiums- stunden:</b>	<b>Präsenzstunden:</b>

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Projektarbeit (inklusive schriftliche Dokumentation und Präsentation). In mehreren Phasen (Problemdefinition, Ideenfindung, Kriterienentwicklung, Entscheidung, Durchführung) sollen die Studierenden nachweisen, dass sie eine wissenschaftliche Problemstellung aus dem Themenfeld des Masterstudiengangs selbstständig herausarbeiten und dafür eigene Lösungswege finden können.

Durch das Anfertigen einer schriftlichen Dokumentation in Form eines Berichtes oder eines wissenschaftlichen Posters sowie der Präsentation zeigen sie z. B., dass sie die im Studium erlernten Methoden und/oder relevante Fachliteratur beurteilen und auswerten können und somit diese wissenschaftliche Problemstellung selbstständig herausarbeiten und dafür eigene Lösungswege finden können. Ferner zeigen sie Ihre Fähigkeit, ausgewertete Ergebnisse sinnvoll zusammenzufassen und wissenschaftlich zu interpretieren. Sie können Ihre Beobachtungen und Erkenntnisse rhetorisch gekonnt formulieren und einem Fachpublikum präsentieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes Bachelorstudium, das das Verfassen einer Bachelor's Thesis beinhaltet.

#### Inhalt:

Die/der Studierende arbeitet eine eigene Problemstellung aus dem Bereich des Masterstudiengangs heraus und löst diese experimentell, konstruktiv oder theoretisch. Idealerweise dient das Forschungspraktikum damit als Grundlage für die Master's Thesis. Dazu verfasst sie/er eigenständig einen wissenschaftlichen Bericht oder ein wissenschaftliches Poster.

Durch den Austausch innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe lernen Sie rhetorisch zu überzeugen was Sie anschließend in einer Präsentation unter Beweis stellen können.

**Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, eine wissenschaftliche Problemstellung aus dem Themenfeld des Masterstudiengangs selbstständig herauszuarbeiten und dafür eigene Lösungswege zu finden.

Sie sind in der Lage, diese Problemstellung mit den im Studium erlernten Methoden und/oder relevanter Fachliteratur, die selbstständig herangezogen wird zu beurteilen und auszuwerten.

Sie sind in der Lage, die Ergebnisse auszuwerten, zusammenzufassen sowie auf Plausibilität zu überprüfen und wissenschaftlich zu interpretieren. Auf Basis derer ist die/der Studierende fähig neue Beobachtungen und Erkenntnisse zu formulieren und diese schriftlich und mündlich zu präsentieren.

Die Studierenden sind fähig, einen individuellen Projektplan zu erstellen und innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit umzusetzen.

Am Ende des Moduls sind die Studierenden sicher im Auswerten und Darstellen wissenschaftlicher Ergebnisse. Sie sind zum fachlichen Austausch innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe in der Lage.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Durch die Teilnahme am Modul üben die Studierenden Tätigkeiten einer Ingenieurin/eines Ingenieurs in einer Forschungseinrichtung. Das Forschungspraktikum ist als Projektarbeit konzipiert. Jede/r Studierende bearbeitet ein eigenes Projekt in selbständiger Einzelarbeit. Jede/r Studierende bekommt einen eigenen Prüferin/einen eigenen Prüfer zugeordnet. Diese/r unterstützt die Studierenden zu Beginn der Arbeit, indem sie/er in das Thema einführt, geeignete Literatur zur Verfügung stellt und Hinweise sowohl bei der fachlichen Arbeit als auch bei der Projektarbeit gibt. Unter Anleitung von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter arbeiten die Studierenden eigene ingenieurwissenschaftliche Problemstellung heraus und identifizieren mögliche Lösungswege. Diese können in der anschließenden Master's Thesis weiter bearbeitet werden. Ergänzt werden kann dieses Format um seminarartige Zusatzveranstaltungen, Journal Clubs (Peer Review in Kleingruppen) und Retreats (mehrtägige Klausuren zur Vertiefung und Diskussion wissenschaftlicher Themen), die der Anwendung von Präsentationstechniken sowie der Fähigkeit zur Analyse und Bewertung von Lösungsmöglichkeiten und entsprechender Kommunikation dienen.

**Medienform:**

Eigenstudium; praktische Tätigkeit unter Anleitung einer/eines Prüfenden

**Literatur:**

Einschlägige Literatur zum gewählten Thema

**Modulverantwortliche(r):**

Fachkundige/r Prüfer/in der Fakultät für Maschinenwesen

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Mastermodule | Master Modules**

Aus dem Wahlbereich Mastermodule sind insgesamt mindestens 60 Credits zu erbringen. Die jeweils für die einzelne Säule maßgebliche Belegungsanforderung ist direkt dort angegeben.

## Pflichtmodul | Required Module

### Modulbeschreibung

## MW0006: Wärme- und Stoffübertragung | Heat and Mass Transfer [WSÜ]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden. Als Hilfsmittel sind schriftliche Unterlagen und ein nicht-programmierbarer Taschenrechner zugelassen.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Thermodynamik 1 und Wärmetransportphänomene (empfohlen)

### Inhalt:

Wärmeübertragung: Instationäre Wärmeleitung: Reihenlösungen nach Fourier für den Temperatenausgleich in Platte/Zylinder/Kugel; Wärmeleitung im halbbunendlichen Körper; Quellenfunktion der Fourier'schen Differenzialgleichung.

Rippen & Nadeln: Energiebilanz bei veränderlicher Querschnittsfläche, Leistungsziffer & Wirkungsgrad einer Rippe; Optimierung des Rippenprofils.

Wärmeübergang mit Phasenumwandlung: Schmelzen und Erstarren ("Stephan-Problem"); Einflussgrößen und dimensionslose Kennzahlen; Kondensation; Sieden (Siedekurve nach Nukijama; Korrelationen).

Strahlungsaustausch: Richtungsabhängigkeit der Emission; Sichtfaktoren; Strahlungsaustausch zwischen diffusen, grauen Strahlern; Detaillierte Form des Gesetzes von Kirchhoff.

Wärmeübergang in durchströmten Rohren und Kanälen: Kritische Reynoldszahl und Einlaufänge; Laminare, ausgebildete Rohrströmung; Thermische Einlaufströmung; Weitere Kanalgeometrien

und empirische Korrelationen; Korrelationen für turbulente Rohrströmung. Stoffübertragung: Stoffübertragung und Phasengleichgewicht; Beziehung für das Phasengleichgewicht; treibendes Gefälle für den Stoffübergang. Diffusion und Konvektion: Diffusions- und Konvektionsstromdichten, Ficksches Gesetz, Bestimmung von Diffusionskoeffizienten (Gas und Flüssigkeit), Basisgleichungen, Sonderfälle: äquimolare Diffusion, einseitige Diffusion, starke Verdünnung. Stoffübergang zwischen zwei Phasen: Beziehung für den Stoffübergang ( $^2$ -Konzept), Filmmodell, Overall-Konzept und Stoffdurchgangskoeffizienten, Bestimmung von Stoffübergangskoeffizienten (Filmmodell, Penetrationsmodell (Oberflächenenerneuerungsmodell), Analogie zwischen Wärme- und Stoffübertragung).

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung Wärme- und Stoffübertragung sind die Studierenden in der Lage, die in Natur und Technik auftretenden Wärme- und Stofftransportmechanismen zu verstehen. Sie verstehen die Abstrahierung eines realen Problems auf ein mathematisches Modell. Sie sind in der Lage, Systeme im Hinblick auf die Wärme- und Stoffübertragung zu analysieren und eine Bewertung durchzuführen, um je nach Situation wichtige von unwichtigen (vernachlässigbaren) Mechanismen zu trennen. Sie sind des Weiteren in der Lage, auftretende Wärme- und Stoffströme quantitativ zu berechnen, indem sie analytische und empirische Gebrauchsformeln anwenden. Die Studierenden sind in der Lage, eine gefundene Lösung für eine technische Problemstellung zu bewerten und eigenständige Verbesserungsvorschläge zu schaffen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Beispielhaft werden Probleme aus der Praxis vorgerechnet. Den Studierenden wird eine Foliensammlung, eine Formelsammlung sowie eine Aufgabensammlung zugänglich gemacht. In der Übung werden Aufgaben aus der Aufgabensammlung vorgerechnet. Außerdem wird eine Zusatzübung angeboten, in der thematisch ähnliche Aufgaben als (freiwillige) Hausaufgabe zur eigenständigen Bearbeitung gestellt werden. Probleme beim Lösen der Aufgaben können die Studierenden dann in der Zusatzübung besprechen. Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden online zur Verfügung gestellt. Zur selbständigen Bearbeitung können für den Wärmeübertragungsteil alte Prüfungsaufgaben von der Webseite heruntergeladen werden. In den Assistentensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb, Tablet-PC mit Beamer, Online-Lehrmaterialien

### **Literatur:**

Polifke und Kopitz, Wärmetransport, 2.Auflage, Pearson-Verlag, 2009; Incropera et al., Heat and Mass Transfer, 6.Auflage, John Wiley & Sons, 2007; Bird, B. R., W. E. Stewart und E. N. Lightfoot: Transport Phenomena. John-Wiley & Sons, Zweite Auflage, 2002; Cussler, E. L.: Diffusion Mass Transfer in Fluid Systems. Cambridge University Press, Dritte Auflage, 2009; Mersmann, A.: Stoffübertragung. Springer-Verlag, 1986.

**Modulverantwortliche(r):**

Sattelmayer, Thomas; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Übung zu Wärme- und Stoffübertragung (Übung, 1 SWS)

Sattelmayer T [L], Hirsch C ( Kings N ), Klein H ( Fritsch P )

Wärme- und Stoffübertragung (Vorlesung, 2 SWS)

Sattelmayer T [L], Hirsch C ( Kings N ), Klein H ( Fritsch P )

Zusatzübung zu Wärme- und Stoffübertragung (Übung, 1 SWS)

Sattelmayer T [L], Kings N, Klein H ( Fritsch P )

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Methodische Grundlagen | Methodological Fundamentals**

Aus Säule 1 "Methodische Grundlagen" sind Module im Umfang von mindestens 10 Credits zu erbringen, davon mindestens 5 Credits aus den Kernmodulen.



## Kernmodule

### Modulbeschreibung

## MW0050: Grundlagen der Mehrphasenströmungen mit Seminar | Fundamentals of Multiphase Flows with Seminar [GMS]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2017/18

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung des GMS Moduls besteht zum einen aus einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung zur Vorlesung und zum anderen aus einer Präsentation. Die Prüfung wird je nach Teilnehmeranzahl in Form einer 90-minütigen schriftlichen Klausur oder in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung erbracht. Geprüft werden Vertrautheit mit den in der Vorlesung behandelten Mehrphasenphänomenen, Verständnis der zugrunde liegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten und das Beherrschen der mathematischen Methoden zur Analyse der behandelten Phänomene (Gewichtung 60%). Die Studierenden halten im Rahmen des Seminars außerdem eine 15-minütige Präsentation zu einem selbstständig gewählten Themengebiet der Mehrphasenströmung und müssen im Anschluss daran 5 Minuten lang fachliche Fragen zum Inhalt der Präsentation beantworten. Die Präsentation wird auf Basis eines Bewertungskriterienkatalogs bewertet (Gewichtung 40%).

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorkenntnisse über Fluidmechanik sowie Wärme- und Stoffübertragung werden vorausgesetzt!

Für das Seminar wird der gleichzeitige Besuch der Vorlesung GMS vorausgesetzt.

### **Inhalt:**

Gas-Flüssigkeitsgemische spielen eine herausragende Rolle in der Energie- und Prozesstechnik, man denke an Brennstoffsprays in Dieselmotoren oder Gasturbinen, das Sieden von Wasser im Dampferzeuger eines Kraftwerkes, oder die Verteilung von Gasblasen in begasten Rührreaktoren oder Blasensäulen.

In der Vorlesung wird eine Auswahl von physikalisch interessanten und technisch relevanten Phänomenen behandelt. Technische Anwendungen werden exemplarisch vorgestellt, im Mittelpunkt stehen jedoch die zugrunde liegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Es wird herausgearbeitet, wie sich die unterschiedlichsten Phänomene jeweils durch die Grundlagen der Thermo-Fluidodynamik, d.h. die Erhaltungssätze und Transportgleichungen für Masse, Impuls und Energie, erklären und quantitativ beschreiben lassen. Einen inhaltlichen Schwerpunkt bilden Instabilitäten sowie Wärmeeinbringung in Zweiphasenströmungen.

Das Seminar Grundlagen der Mehrphasenströmungen ergänzt und vertieft die Vorlesung. Die Studierenden wählen sich einen über den Inhalt der Vorlesung hinausgehenden Aspekt der Mehrphasenströmungen aus. Im Rahmen einer selbständig durchgeführten Literaturrecherche vertiefen sie ihre Kenntnisse zum jeweiligen Thema. Anschließend werden die Ergebnisse den anderen Studierenden mittels einer Präsentation vorgestellt. Ergänzend zum Inhalt der Vorlesung werden Präsentationstechniken, wie das Assertion-Evidence Prinzip, gelehrt.

### **Detaillierter Vorlesungsinhalt:**

- Grenzflächeneffekte: Oberflächenenergie/-spannung, Kontaktwinkel, Oberflächenkrümmung, Young-Laplace Gleichung, Kapillareffekte, Temperatur-/Konzentrationseinfluss, oberflächenaktive Substanzen/ Surfactants
- Kräfte auf kugelförmige Partikel im Strömungsfeld: Widerstandskraft/-beiwert, Non-Drag-Kräfte, Druckgradienten und Auftriebskräfte, Lift-Forces bei Rotation, Instationäre Kräfte, Relaxationszeit für Partikel, Partikel in turbulenter Strömung, Momente auf Partikel
- Gasblasen im Schwerfeld: Aufstiegsgeschwindigkeit und Form von Blasen, analytische Ergebnisse für die Aufstiegsgeschwindigkeit, Kennzahlen, Grace-Diagramm, Pfropfen im Rohr
- Blasendynamik: Kavitation, Rayleigh Problem, Rayleigh-Plesset-Gleichung, oszillierende Gasblase, Schwingungen der Blasenform, Wachstum von Dampfblasen, kritischer Radius einer Dampfblase und Siedeverzug
- Sprays: Statische und dynamische Tropfenbildung, Strahlzerfall durch hydrodynamische Instabilität, Tropfenzerfallsarten, Taylor-Analogie (Schwingungszerfall), Tropfenverdampfung ( $D^2$ -Gesetz)
- Populationsbilanzen: Anzahlverteilung, Koaleszenz und Dispersion von Partikeln, Kernelfunktionen, CFD-Simulation von Partikelpopulationen mit diskreten Größenklassen oder Momentenmethoden
- Drift-Flux-Modelle: Strömungsformen, Strömungskarten, 1-D Bilanzen, Drift Flux Ansätze, Blasensäule, Behältersieden

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls kennen die Studierenden die wesentlichen in Mehrphasenströmungen auftretenden Phänomene. Darüber hinaus sind sie in der Lage diese Phänomene mittels der Grundgleichungen der Thermo-Fluidodynamik zu modellieren und haben entsprechende Problemlösungskompetenzen entwickelt.

Nach der Teilnahme am Seminar sind die Studierenden in der Lage, sich anhand von wissenschaftlicher Originalliteratur in ein Themengebiet einzuarbeiten. Sie kennen die Methoden, wissenschaftliche Inhalte im Zuge einer Präsentation einem Fachpublikum vorzustellen, zu rechtfertigen und können somit rhetorisch überzeugen. Sie beweisen damit, dass sie durch die selbstständige Einarbeitung in ein Themengebiet der GMS, ein vertieftes Wissen auf dem Gebiet der Mehrphasenströmungen haben.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Der Vortrag in der Vorlesung basiert auf einem Foliensatz. Kompliziertere Herleitungen werden an der Tafel erklärt. Ein ausführliches Skriptum wird von der Fachschaft MW vertrieben. Die Konzepte und Methoden der GMS werden zunächst in der Vorlesung vorgestellt. Zur Vertiefung findet optional eine Zentralübung statt, in der die Anwendung der Konzepte und Methoden demonstriert und geübt wird.

Zusätzlich werden den Studierenden im Rahmen des GMS Seminars Methoden des wissenschaftlichen Präsentierens vermittelt. Diese Methoden werden im Zuge eines Vortrages zu Präsentationstechniken im Rahmen des Seminars gelehrt.

Die jeweiligen Präsentationen der Studierenden werden in einer Feedbackrunde mit den Dozenten analysiert und kommentiert.

### **Medienform:**

Vortrag, Tafelanschrieb, Präsentationen, Videos, Bilder, ausführliches Skript, wiss. Originalliteratur

### **Literatur:**

### **Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0136: Verbrennung | Combustion

*Einführung in die Theorie und Anwendungen technischer Verbrennungssysteme*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Zeitnahe Nachbereitung der Vorlesung, eigenständige Lösung der Übungsaufgaben und deren Diskussion in der Übung, sowie der Besuch der Sprechstunde während der Prüfungsvorbereitung geben dem Studierenden die Möglichkeit der Lernerfolgskontrolle. Zweiteilige schriftliche Prüfung mit 90 Min Dauer.

Teil 1: Kurzfragen ohne Hilfsmittel 30 Min,

Teil 2: Berechnungen mit frei gewählten schriftlichen Unterlagen und einem nicht programmierten Taschenrechner.

Teil1: 42%, Teil2: 58% der Bewertungspunkte.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Thermodynamik I + II, Wärme- und Stoffübertragung, Fluidmechanik II, Turbulente Strömungen

#### Inhalt:

Reaktive Strömungen treten in vielen Bereichen des Ingenieurwesens auf. Das Spektrum reicht von Reaktoren in der chemischen Verfahrenstechnik bis zu Raketenantrieben. Allen Anwendungen gemeinsam ist die chemische Stoffumwandlung, die unter den thermodynamischen Hauptsätzen der Massen-, Impuls- und Energieerhaltung abläuft. Die Vorlesung führt in die Grundlagen zur Beschreibung reaktiver Strömungen am Beispiel der stationären Gleichdruck-Verbrennung in Flammen ein, die in chemischer Synthese, Industrieöfen, Gasturbinen, Kochstellen und Heizgeräten breite Anwendung haben. Die globalen Bilanzen

der Verbrennungslehre (Stoichiometrie, Spezies- und Elementarbilanz, Bildungsenthalpie und Reaktionswärmetönung) werden rekapituliert. Die Reaktionskinetik der Gasphase wird am Stoßmodell erarbeitet, wodurch sich die Struktur vom Arrhenius-Ansatz und der Nettobildungsrate verankert. Das thermodynamische Gleichgewicht und die Verbindung zum thermo-chemischen Gleichgewicht wird erlernt. Die typischen Abfolgen der Verbrennungskinetik (Start-, Ketten- und Rekombinationsreaktionen) und ihr Bezug zum technischen Sachverhalt werden verstanden. Die Prinzipien der Mechanismusreduktion (Partielles Gleichgewicht, Globalkinetik) werden erlernt. Die Wirkung der primären Einflussgrößen auf die charakteristischen Kenngrößen laminarer Flammen werden transparent. Die Phänomenologie und Charakterisierung turbulenter Strömungsvorgänge wird im Kontext turbulenter Flammen verinnerlicht. Die Charakterisierung der turbulenten Verbrennungsregimes durch Kennzahlen und ihre konkrete Anwendung werden abrufbar. Das Prinzip der mehrphasigen Verbrennung wird auf dem Niveau der vereinfachten Behandlung von Einzeltropfen und ihrer Kennzahlen erlernt. Bildung und Kontrolle von Luftschadstoffen und der Einfluss der Verbrennungsführung schliessen die Vorlesung ab. In der angebotenen Übung werden die Vorlesungsinhalte aufgegriffen und angewandt.

**Lernergebnisse:**

Die Studierenden besitzen Kompetenz in der thermochemischen und fluidodynamischen Grundauslegung verbrennungstechnischer Systeme. Sie beherrschen die Grundlagen des Entwurfs und der Skalierung von Verbrennungsanlagen. Durch das Verständnis der thermofluidodynamischen Zusammenhänge in Flammen können bestehende Strömungsreaktoren analysiert und auftretende Probleme gelöst werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Interaktiver Vortrag, Skriptum, Übungsaufgaben, Vorführung von Experimenten, Multimediapräsentationen. Im Sommersemester werden am Ende der Vorlesungszeit im Rahmen der Zusatzübung alte Prüfungsaufgaben vorgerechnet. Im Wintersemester findet ausschließlich eine erweiterte Zusatzübung statt.

**Medienform:**

Vortrag, Vorlesungsskript, Übungsaufgaben, Repetitorium von Musterfragen zur Strukturierung des Stoffs.

**Literatur:**

Stephen R. Turns, An Introduction to Combustion, 2nd edition, McGraw Hill,

**Modulverantwortliche(r):**

Sattelmayer, Thomas; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1896: Reaktionsthermodynamische Grundlagen für Energiesysteme | Basic Course in Reaction Thermodynamics

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2012/13

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Klausur (90 min)

Zugelassene Hilfsmittel: open book, Taschenrechner (darf auch programmierbar sein)

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in Thermodynamik (z.B. Vorlesung Thermodynamik I)

- Thermische Zustandsgleichung
- 1. Hauptsatz der Thermodynamik
- 2. Hauptsatz der Thermodynamik

#### Inhalt:

Zu Beginn werden die Grundlagen aus der Vorlesung Thermodynamik I kurz repetiert. Es wird auf den funktionalen Zusammenhang der Zustandsgrößen eingegangen und basierend auf der thermischen Zustandsgleichung des idealen Gases Realgaseffekte vorgestellt und diskutiert. Der 1. und der 2. Hauptsatz der Thermodynamik werden kurz dargestellt und damit die Exergie eingeführt.

Aufbauend auf diesen Grundlagen wird das reale Stoffverhalten anhand der Herleitung der realen Änderung der Enthalpie bzw. der inneren Energie bei Zustandsänderungen im Vergleich zu Verhalten bei idealem Gas dargestellt.

Einführung der Mischphasenthermodynamik - ideale Mischungen - reale Mischungen - thermodynamische Behandlung von Mischungen.

Zustandsgrößen chemischer Reaktionen - die stöchiometrische Umsatzgleichung -  
Reaktionslaufzahl - Reaktionsgeschwindigkeit - kinetische Gleichgewichtsbetrachtungen.  
Reaktionsenthalpie - absolute Enthalpie - Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie  
Gleichgewicht chemischer Reaktionen: Gibbs'sche freie Enthalpie - Reaktionsgleichgewicht -  
Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstante - Exergie der chemischen Reaktion -  
Einführung des chemischen Potentials  
Phasengleichgewichte von Einkomponentensystemen und idealen Mischungen  
Chemisches und Phasengleichgewicht bei realem Stoffverhalten - Fugazität

**Lernergebnisse:**

Aufbauend auf thermodynamischen Grundkenntnissen sollen die Hörer folgende Kompetenzen erwerben:

Anwendung der Thermodynamik auf praxisrelevante Stoffsysteme aus mehreren Komponenten mit und ohne chemischer Reaktion.

Berechnung von chemischen Gleichgewichten aus thermodynamischen Daten, Verständnis des Zusammenhangs zwischen chemischer Reaktion und thermodynamischen Größen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vortrag

**Medienform:**

**Literatur:**

T. Engel, P. Reid, Physikalische Chemie, Wiley VCH

P.W. Atkins, J. de Paula, Physikalische Chemie, Wiley VCH

**Modulverantwortliche(r):**

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Übung Reaktionsthermodynamische Grundlagen für Energiesysteme (Übung, 1 SWS)

Gleis S [L], Gleis S, Dawo F, Morgenstern L

Reaktionsthermodynamische Grundlagen für Energiesysteme (Vorlesung, 2 SWS)

Gleis S [L], Gleis S, Dawo F, Morgenstern L

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2249: Optimierung und Modellanalyse | Optimization and Model Analysis [OptBiotech]

*Optimierungs- und Analyseverfahren in Bioprozesstechnik und Biotechnologie*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur mit einer Prüfungsdauer von 90 Minuten erbracht. Es sind keine Hilfsmittel zugelassen. Die angestrebten Lernergebnisse werden durch Verständnisfragen und durch Rechenaufgaben zu verschiedenen Optimierungstechniken, Analyseverfahren und numerischen Lösungsverfahren überprüft. Dazu werden Aufgaben zur Optimierung von Funktionen mit mehreren Veränderlichen, zur linearen Optimierung und zur Prozessoptimierung gestellt. Die Klausur wird in jedem Semester angeboten (im SS zeitnah am Beginn).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind mathematische Kenntnisse, wie sie in Bachelorstudiengängen an wissenschaftlichen Hochschulen vermittelt werden.

#### Inhalt:

Das Modul vermittelt Grundlagen verschiedener Optimierungstechniken, Analyseverfahren und numerische Lösungsverfahren.

Wesentliche Inhalte sind:

- Extremwertberechnung mit mehreren Variablen
- Lineare Optimierung
- Optimierungsaufgaben bei stöchiometrischen Netzwerken



- Lineare Regression
- Dynamische Optimierung
- Mixed Integer Probleme
- Prozessoptimierung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, Möglichkeiten zur Verbesserung eines biotechnologischen Prozesses sowie der zellulären Systeme für Fragestellungen in der Biotechnologie in mathematischen Strukturen zu übersetzen und Lösungsansätze in Form von Optimierungsaufgaben (Probleme mit mehreren Veränderlichen, lineare Optimierung) zu formulieren. Sie verstehen verschiedene Analysetechniken für mathematischer Modelle wie die Sensitivitäts- und Stabilitätsanalyse, die ein verbessertes Verständnis der Vorgänge erlauben.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte dieses Moduls werden in der Vorlesung mit Tafelanschrieb und mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen vertieft. Die Studierenden erhalten Übungsaufgaben, die vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle zur optimalen Umsetzung biotechnologischer Optimierungsaufgaben in mathematische Strukturen, wodurch sich ein vertieftes Verständnis zu Analyse- und numerischen Lösungsverfahren ergibt.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden regelmäßig verteilt und Musterlösungen mit den Studierenden diskutiert.

**Literatur:**

Es stehen Lehrbücher für Teilaspekte zur Verfügung. Zu nennen sind: Metabolic Engineering: Principles and Methodologies (v. G. Stephanopoulos, J. Nielsen und G. Stephanopoulos, Academic Press, 1998), Linear programming with MATLAB (v. M. C. Ferris u. a., MPS- SIAM Series on Optimization, 2007), Theory of linear and integer programming (v. A. Schrijver, J. Wiley and Sons, 2000), Systems Biology (A. Kremling, 2013).

**Modulverantwortliche(r):**

Kremling, Andreas; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Optimierung und Modellanalyse (Übung) (MW 2249) (Übung, 2 SWS)  
Kremling A [L], Cantone M

Optimierung und Modellanalyse (MW 2249) (Vorlesung, 2 SWS)  
Kremling A [L], Cantone M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2390: Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse | Modeling of chemical engineering processes [MVP]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung setzt sich aus einer mündlichen Prüfung (20 min) und einer Übungsleistung zusammen. Als Übungsleistung sind Hausarbeiten in Form von eigenständig zu erbringenden Programmieraufgaben zu erbringen. Mit der mündlichen Prüfungen weisen die Studierenden, das Verständnis der Programmierung mit MATLAB nach. Die Kompetenz Programmieraufgaben selbstständige zu bearbeiten wird ergänzend mit der programmiertechnischen Übungsleistung nachgewiesen. Die Modulnote setzt sich zu 20% aus der mündlichen Prüfungsleistung und zu 80% aus der Übungsleistung zusammen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse der thermischen Verfahrenstechnik, insbesondere des Moduls Thermische Verfahrenstechnik I. Grundlegende Kenntnisse in der Bedienung von MATLAB und einer Programmiersprache sind empfohlen.

#### Inhalt:

Das Modul vermittelt die Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse in MATLAB. Es werden typische verfahrenstechnische Probleme und die zu deren Beschreibung notwendigen Modelle vorgestellt. Den Studierenden wird beigebracht, welche Funktionalitäten MATLAB zur Verfügung stellt und wie mit diesen eigene Programme erstellt werden, mit denen verfahrenstechnische Probleme gelöst werden können. Zu den behandelten verfahrenstechnischen Problemstellungen zählen unter anderem die Berechnung von

Stoffdaten und die Bestimmung von Phasengleichgewichten. Es wird neben der prozeduralen Programmierung auch die objektorientierte Programmierung mit MATLAB behandelt.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage von MATLAB zur Verfügung gestellte Funktionen zu verstehen und in eigenen Programmen anzuwenden. Die Studierenden können ein verfahrenstechnisches Problem analysieren und bewerten, welche Modelle zur Beschreibung des Problems geeignet sind. Den Studierenden ist es möglich ein eigenes Programm zu schaffen, das in der Lage ist das verfahrenstechnische Problem in der Simulation abzubilden und mit dieser zu lösen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus zwei Vorlesungsblöcken in denen die Grundlagen der Programmierung in MATLAB vermittelt werden. Mit Hilfe dieser Grundlagen ist eine selbstständige Bearbeitung der Hausarbeiten möglich. Eine Hausarbeit behandelt ein oder mehrere verfahrenstechnische Probleme, die durch selbstgeschriebene Programme in MATLAB gelöst werden. Die Hausarbeiten bauen aufeinander auf und verlangen den in der Vorlesung vermittelten Stoff praktisch anzuwenden. Das Seminar bietet die Möglichkeit, die Vorlesungsinhalte zu vertiefen und die bei der Bearbeitung der Hausarbeiten auftretenden Probleme zu diskutieren. Die Hausarbeiten können in Eigenregie und im Rahmen des Seminars bearbeitet werden.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Skripte werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Die Lehrinhalte werden in PowerPoint-Präsentationen vermittelt. Zur Unterstützung der Studierenden bei der Bearbeitung der Hausarbeiten wird ein Diskussionsforum eingerichtet in dem sich die Studierenden untereinander und mit den Betreuern austauschen können. Jeder Studierende ist selbst dafür verantwortlich, dass er im Besitz eines Computers ist, mit dem er mit MATLAB arbeiten kann. MATLAB ist für Studierende der TUM im Rahmen einer Campuslizenz kostenlos erhältlich.

**Literatur:**

Grundlegende und weiterführende Informationen zur Programmierung in MATLAB sind in der in MATLAB eingebauten Hilfe zu finden. Eine Einführung in die Programmierung mit MATLAB bietet das RRZN-Handbuch zu MATLAB/Simulink, das über das LRZ bezogen werden kann.

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Harald Klein

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse - Seminar (Seminar, 2 SWS)  
Klein H ( Kreitmeir M, Krespach V, Fritsch P, Kender R )

Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse (Vorlesung, ,53 SWS)  
Klein H ( Kreitmeir M, Krespach V, Kender R, Fritsch P )

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Weitere Säulenmodule

### Modulbeschreibung

## CH3065: Grundlagen der Elektrochemie | Fundamental Electrochemistry

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

Bard, A.J. and Faulkner, L.R. (2001) Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

Newman, J. and Thomas-Alyea (2004) Electrochemical Systems, 3rd edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

Hamann, C.H.; Hamnett, A. and Vielstich, W. (2007) Electrochemistry, 2nd edition, Weinheim: Wiley-VCH

**Modulverantwortliche(r):**

Gasteiger, Hubert; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Fundamental Electrochemistry (CH3065) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Gasteiger H, Linsenmann F, Loichet P, Nilges T

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0357: Gasdynamik | Gas Dynamics [Gdy]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung (schriftliche Klausur, 90 min) besteht aus erweiterten Kurzfragen, die das gesamte Themenspektrum abdecken. Zur Prüfung sind - bis auf Schreib-/Zeichengeräte und einem nicht programmierbaren Taschenrechner - keine Hilfsmittel zugelassen. Die erweiterten Kurzfragen besitzen den Vorteil, dass durch sie eine ausgewogene Mischung aus Wissensfragen (d.h. wichtige elementare Formeln und Zusammenhängen), Übungsfragen (d.h. die Anwendung von Techniken vergleichbar mit den Übungsaufgaben) und Transferfragen über das gesamte Themenspektrum prüfbar wird. Die Studierenden sollen somit demonstrieren, dass sie beispielsweise stationäre und instationäre gasdynamische Probleme mit analytischen Methoden analysieren, mit Hilfe der Lösung linearer Differentialgleichungen das Verhalten von Überschallströmungen um schlanke Körper qualitativ ermitteln und bewerten, sowie die erlernten Theorien (z. B. Vorhersage des Wellenwiderstands im Transschall, Beschreibung des instationären Verhaltens der Strömung in Kolben-Zylinder-Systemen) anwenden können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Erforderlich sind die Grundstudiumsveranstaltungen Fluidmechanik I und Thermodynamik, empfohlen (aber keinesfalls zwingend) sind die Veranstaltungen Fluidmechanik II, Thermodynamik II, Angewandte CFD, sowie alle Veranstaltungen im Bereich Aerodynamik/Strömungsmechanik.

#### Inhalt:

Ausgehend vom Vorwissen aus der Fluidmechanik I werden die kompressiblen Navier-Stokes Gleichungen und die Hauptsätze der Thermodynamik einführend wiederholt. Darauf



aufbauend wird die stationäre Stromfadentheorie (Laval-Gleichung) und die stationäre senkrechte Stoßbeziehung abgeleitet, analysiert und zur Lösung von kompressiblen Strömungsproblemen im Unter- und Überschall angewandt. Von der stationären Stromfadentheorie ausgehend wird die instationäre lineare und nichtlineare Wellendynamik entwickelt und zur Analyse des Grundprinzips des Ladungswechsels herangezogen. Mit der Theorie der nichtlinearen Wellendynamik ist die Analyse der Prozesse im Stoßrohr (Ludwig-Rohr) handhabbar. Abschließend werden Techniken zur Untersuchung mehrdimensionaler Effekte in Überschallströmungen diskutiert und auf vereinfachte Raketenschubdüsen angewandt. Die Vorlesung und die Übung werden durch Simulationsbeispiele und Visualisierungen von Experimenten ergänzt.

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls Gasdynamik in der Lage: (1) das grundsätzliche Vorgehen in der Formulierung von Vereinfachungen zu den Gleichungen in der kompressiblen Strömungslehre wie auch der Thermodynamik anzuwenden, (2) stationäre und instationäre gasdynamische Probleme mit analytischen Methoden zu analysieren, (3) mit Hilfe der Lösung linearer Differentialgleichungen das Verhalten von Überschallströmungen um schlanke Körper qualitativ zu ermitteln und zu bewerten, (4) wellendynamische Prozesse einschließlich der instationären Stoßbildung zu erinnern, (5) experimentelle Vorrichtungen zur Analyse von kompressiblen Gasströmungen zu verstehen, (6) die erlernten Theorien (von der Analyse des Concorde Unfalls über die Vorhersage des Wellenwiderstands im Transschall bis zur Beschreibung des instationären Verhaltens der Strömung in Kolben-Zylinder-Systemen) anzuwenden.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul beinhaltet als Lehrveranstaltungen eine Vorlesung und eine Übung. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen zur Gasdynamik über ein darbietendes Lehrverfahren erklärt. Die Studierenden lernen somit beispielsweise das grundsätzliche Vorgehen in der Formulierung von Vereinfachungen zu den Gleichungen in der kompressiblen Strömungslehre wie auch der Thermodynamik anzuwenden.

In der Übung werden Beispielaufgaben vorgerechnet und können zusammen mit dem Übungsleiter diskutiert werden. Die Studierenden lernen dabei z. B. stationäre und instationäre gasdynamische Probleme mit analytischen Methoden analysieren und die erlernten Theorien (z. B. Vorhersage des Wellenwiderstands im Transschall, Beschreibung des instationären Verhaltens der Strömung in Kolben-Zylinder-Systemen) anzuwenden.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht

### **Literatur:**

Vorlesungsmanuskript, Vorlesungsfolien, Übungsaufgabensammlung, zusätzliche Materialien auf der Web-Plattform.

John D. Anderson: "Modern Compressible Flow: With Historical Perspective", McGraw-Hill Education; 3 edition (July 19, 2002), ISBN: 9780071241366

**Modulverantwortliche(r):**

Adams, Nikolaus; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0538: Moderne Methoden der Regelungstechnik 1 | Modern Control 1

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Klausur (90 min) werden die vermittelten Inhalte - sowohl von theoretischer Seite als auch in der Anwendung auf verschiedene Problemstellungen - überprüft.

Der Hauptteil der Prüfungsleistung besteht aus der Anwendung der vermittelten Methoden auf unterschiedliche Problemstellungen anhand von Rechnungen. Zu einem kleineren Teil werden theoretische Sachverhalte an Verständnisfragen überprüft.

Als einziges Hilfsmittel ist eine selbsterstellte, handschriftliche Formelsammlung auf einem beidseitig beschriebenen DIN A4 Bogen erlaubt. Die Verwendung eines Taschenrechners ist explizit nicht erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorausgesetzt wird der Stoff des Grundlagenmoduls "Regelungstechnik".

Vorausgesetzt werden auch Grundlagen der linearen Algebra aus des Moduls "Höhere Mathematik 1-3"

Das Modul "Systemtheorie in der Mechatronik" wird empfohlen.

Alternativ kann eine Einführung in die Zustandsdarstellung zur eigenständigen Vorbereitung heruntergeladen werden:

- Grundlagen.pdf (Wiederholung wichtiger Begriffe aus dem Modul "Regelungstechnik"),
- Zustandsdarstellung.pdf (Wichtiges aus dem Modul "Systemtheorie"),

- Analyse.pdf (Weiterführendes Material wie Steuer- und Beobachtbarkeit, Stabilität, Nullstellen).

### **Inhalt:**

Moderne Zustandsraummethoden erlauben den Entwurf auch komplexer Mehrgrößenregelsysteme, wie sie in der Mechatronik, der Fahrzeug- und der Flugregelung aber auch in verfahrenstechnischen Prozessen zunehmend anzutreffen sind.

Gliederung der Vorlesung:

1. Einführung
2. Entwurf von Zustandsregelungen für Mehrgrößensysteme
3. Zustandsbeobachter
4. Berücksichtigung von Störgrößen
5. Erweiterte Regelungsstrukturen
6. Ein-Ausgangslinearisierung nichtlinearer Systeme
7. Ausblick: Künstliche neuronale Netze und Fuzzy Control

### **Lernergebnisse:**

Die Teilnehmer des Moduls sollen nach den Veranstaltungen in der Lage sein

- die im Modul vermittelte Theorie selbstständig in den Entwurf linearer Zustandsregelungen und Zustandsbeobachter umzusetzen,
- die Anwendbarkeit der im Modul betrachteten Entwurfsmethoden für die betrachteten Systemklassen zu beurteilen und sicher mit den Entwurfsmethoden umzugehen,
- Systemeigenschaften wie Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit für unregelte und geregelte Systeme unter den jeweiligen Bedingungen des genutzten Verfahrens zu beurteilen
- die Zustandsregelung um die im Modul vorgestellten Maßnahmen zur Störunterdrückung zu entwerfen,
- Blockschaltbilder für komplexe Regelungsaufgaben zu entwerfen,
- Ein-/Ausgangs-linearisierende Regelungen für nichtlineare Eingrößensysteme zu entwerfen und

### **Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden durch Vortrag und Tafelanschrieb alle Methoden systematisch aufeinander aufbauend hergeleitet und an Beispielen illustriert. Weiteres Begleitmaterial steht in Form von Beiblättern zum Download zur Verfügung.

Übungsblätter werden zum Download bereitgestellt und im Rahmen der Übung in Teilen vorgerechnet, wobei die aktive Teilnahme der Studierenden durch Fragen und Kommentare erwünscht ist. Nicht vorgerechnete Aufgaben bieten zusätzliche Übungsmöglichkeit. Zu allen Aufgaben stehen Musterlösungen zur Verfügung.

Weiterhin werden 3 Tutorübungen in mehreren Gruppen angeboten, in denen der erlernte Stoff an drei technischen Systemen angewandt wird. Neben der Assistentensprechstunde (nach Vereinbarung) bietet die Tutorübung weitere Möglichkeit zur Klärung offener Fragen.

**Medienform:**

Vortrag, Tafelanschrieb, Anschrieb über Beamer und Tablet  
Beiblätter, Übungen und Tutorübungen zum Download

**Literatur:**

1] Föllinger, O.: Regelungstechnik. 12., überarb. Auflage, Berlin (u.a.): VDE Verl., 2016. – XV, 452 S. ISBN 9783800742011. In der TUM Bibliothek vorhanden. Ein Standard-Werk. Der Vorlesungsstoff wird bis auf wenige Ausnahmen gut abgedeckt.

[2] Lunze, J.: Regelungstechnik

Bd. 1. – 12., überarb. Aufl.. – Berlin: Springer, 2020. – ISBN 9783662607466 Als E-Book an der TUM unter <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60746-6> und

Bd. 2. – 9. Überarb. U. aktual. Aufl. – Berlin: Springer 2016. Als E-Book in der TUM Bibliothek unter <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52676-7> .

Lehrbuch in 2 Bänden, das den Stoff ebenfalls gut abdeckt. Viele Beispiele und Übungsaufgaben, auch mit MATLAB.

[3] Ludyk, G.: Theoretische Regelungstechnik. Springer 1995. –

Bd. 1: XI, 390 S., 165 Abb. – ISBN 9783642772214.

In der TUM Bibliothek als E-Book unter <https://doi.org/10.1007/978-3-642-77221-4>

Bd. 2: X, 330 S., 127 Abb. – ISBN 9783642793912.

In der TUM Bibliothek als E-Book unter <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79391-2>

Lehrbuch in zwei Bänden, in dem Wert auf mathematische Exaktheit und Vollständigkeit gelegt ist.

[4] Slotine, J.J.E. and W. Li: Applied Nonlinear Control.- Engelwood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991. – XV, 461 S. – ISBN 9780130408907.

In der TUM Bibliothek vorhanden

Ein Lehrbuch zur nichtlinearen Regelung.

[5] Franklin, G.F., Powell, J.D., Emami-Naeini, A.: Feedback Control of Dynamic Systems. . – Eight Ed., New York: Pearson 2020. – 924 S. – ISBN 9781292274546.

In der TUM Bibliothek als E-Book unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/munchentech/detail.action?docID=5834413>

Modernes Lehrbuch.

[6] Dorf, R.C., Bishop, R.H.: Moderne Regelungssysteme.- Dt. Übers. der 10. überarb. englischsprachigen Aufl. - 1166 S. Pearson 2006.- ISBN 9783827373045

Berühmtes Lehrbuch, nun in deutscher Sprache.

**Modulverantwortliche(r):**

Lohmann, Boris; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0595: Turbulente Strömungen | Turbulent Flows [TS]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur erbracht. Damit soll nachgewiesen werden, dass in einer begrenzten Zeit von 90 min und mit begrenzten Hilfsmitteln ein Problem erkannt wird und Wege zur korrekten Lösung gefunden werden. Fakten- und Zusammenhangswissen werden in einem Kurzfragenteil überprüft, Problemlösungskompetenz in einem Rechenaufgabenteil. Die Studierenden sollen so beispielsweise nachweisen, dass sie die in Natur und Technik auftretenden Phänomene turbulenter Strömungen verstehen sowie unterschiedliche Turbulenzmodelle bewerten und auswählen können, um je nach Situation wichtige von unwichtigen (vernachlässigbaren) Mechanismen zu trennen und eine ausreichend genaue Simulation der untersuchten Strömung in angemessener Zeit zu ermöglichen. Im Kurzfragenteil sind keine Hilfsmittel zugelassen, im Rechenteil ein nicht-programmierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II

#### Inhalt:

Phänomene turbulenter Strömungen; Physik turbulenter Strömungen: Grundgleichungen, Turbulenzentstehung, Statistische Beschreibung, Kanonische Strömungen; Numerische Simulation turbulenter Strömungen; Turbulenzmodellierung: Statistische Turbulenzmodellierung, Large-Eddy Simulation

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul Turbulente Strömungen sind die Studierenden in der Lage, die in Natur und Technik auftretenden Phänomene turbulenter Strömungen zu verstehen. Sie verstehen, wie ein reales Problem mit Hilfe der Grundgleichungen der Strömungsmechanik beschrieben werden kann und weshalb in den meisten Fällen Turbulenzmodellierung notwendig ist, um ein solches Problem in angemessener Zeit numerisch zu untersuchen. Sie sind ausgehend von der Kenntnis verschiedener kanonischer Strömungen in der Lage, unterschiedliche Turbulenzmodelle zu bewerten und auszuwählen, um je nach Situation wichtige von unwichtigen (vernachlässigbaren) Mechanismen zu trennen und eine ausreichend genaue Simulation der untersuchten Strömung in angemessener Zeit zu ermöglichen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung: Darbietendes Lehrverfahren. Übung: Darbietendes und erarbeitendes Lehrverfahren. Das Modul beinhaltet als Lehrveranstaltungen eine Vorlesung und eine Übung. In der Vorlesung (darbietendes Lehrverfahren) werden anhand von PowerPoint-Folien die Grundlagen turbulenter Strömungen erklärt. Die Studierenden lernen somit, die in Natur und Technik auftretenden Phänomene turbulenter Strömungen zu verstehen. Um dem Frontalunterricht folgen zu können werden ihnen ein Skript und die Folien zur Verfügung gestellt. Diese können mit eigenen Notizen ergänzt werden.

In der Übung (Übung mit teilweise Vorrechenaufgaben) wird gezeigt, wie ein reales Problem mit Hilfe der Grundgleichungen der Strömungsmechanik beschrieben werden kann und weshalb in den meisten Fällen Turbulenzmodellierung notwendig ist, um ein solches Problem in angemessener Zeit numerisch zu untersuchen. Die Studierenden lernen ausgehend von der Kenntnis verschiedener kanonischer Strömungen, unterschiedliche Turbulenzmodelle zu bewerten und auszuwählen, um je nach Situation wichtige von unwichtigen (vernachlässigbaren) Mechanismen zu trennen und eine ausreichend genaue Simulation der untersuchten Strömung in angemessener Zeit zu ermöglichen.  
nd erarbeitendes Lehrverfahren.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht, Rechnerübungen mit kommerzieller CFD-Software

### **Literatur:**

Vorlesungsmanuskript, Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben. Stephen B. Pope "Turbulent Flows"

### **Modulverantwortliche(r):**

Adams, Nikolaus; Prof. Dr.-Ing.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW0612: Finite Elemente | Finite Elements [FE]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90min) erbracht. Eine Mischung aus Wissensfragen und Rechenaufgaben zur Modellierung von Strukturen mit Hilfe der Finite-Element-Methode soll das Verständnis spezieller Phänomene bzw. die Anwendung spezieller Arbeitstechniken einerseits und das Gesamtkonzept von Modellierung, Diskretisierung und Lösung andererseits prüfen. Die Prüfungsfragen erstrecken sich über die gesamte Lehrveranstaltung.

Zugelassene Hilfsmittel sind diverse schriftliche Unterlagen (Skript, Übungsunterlagen, Hausübungen, Bücher, Notizen, etc.) sowie ein nicht-programmierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse in der Technischen Mechanik sind hilfreich, jedoch werden alle nötigen Aspekte auch für Nicht-Ingenieure kurz wiederholt.

#### Inhalt:

Inhalt der Veranstaltung ist die Modellierung von Strukturen, wie sie im Ingenieurwesen Verwendung finden, mit Hilfe der Finite-Element-Methode (FEM). Der inhaltliche Bogen spannt sich dabei vom Verständnis der Strukturmodelle bis hin zur Theorie und Funktionalität der FEM. Weiterführende Vorlesungen bauen auf dem Modul Finite Elemente auf. Inhalt:

(1) Theoretische und numerische Ansätze zur Modellierung von Strukturen bzw. Festkörpern aus dem Ingenieurwesen

- (2) Interaktion von Modellierung, Diskretisierung und Lösung von Festkörpersystemen
- (3) 3D/2D Festkörper: Erhaltungsgleichungen, FE-Diskretisierung, Variationsprinzipien, Lösungskomponenten und Anwendungen
- (4) "Locking"-Phänomene, robuste Elementformulierungen
- (5) Balken- und Plattenmodelle
- (6) Einführung in die numerische Dynamik

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Finite Elemente sind die Studierenden in der Lage diskrete Modellierungen von Festkörpersystemen zu erstellen und zu lösen. Dabei können sie aus verschiedenen Theorien für das Problem passende Modelle und Elemente auswählen. Ebenso können sie die numerischen Ergebnisse kritisch hinterfragen und Einschränkungen durch die vereinfachende Modellierung erkennen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben vorgerechnet und hierbei Arbeitstechniken gezeigt und die wichtigsten Aspekte der Vorlesung noch einmal verdeutlicht. Zusätzlich werden weitere Aufgaben, sogenannte Hausübungen verteilt, deren Bearbeitung freiwillig ist. Alle Folien aus Vorlesung und Übung, sowie Lösungsbeispiele der Hausübungen werden online gestellt. Zusätzlich bietet ein Software-Tool die Möglichkeit auf freiwilliger Basis die Umsetzung der Theorie am Rechner nachzuvollziehen, zu verstehen und selbst damit zu experimentieren.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Tablet-PC, Lückenskript in Vorlesung, Lernmaterialien auf Lernplattform.

**Literatur:**

- (1) Lückenskript zur Vorlesung. Weitere siehe Literaturverzeichnis im Skript.

**Modulverantwortliche(r):**

Wall, Wolfgang A.; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Finite Elemente (MW0612) (Vorlesung, 3 SWS)

Wall W, Gebauer A, Schmidt C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0798: Grenzschichttheorie | Boundary-Layer Theory [GST]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min). Der Prüfungsinhalt erstreckt sich über den gesamten Vorlesungsinhalt. Fakten- und Zusammenhangswissen werden in einem Kurzfragenteil überprüft, Problemlösungskompetenz in einem Rechenaufgabenteil, bei dem mit Hilfe des Vorlesungsskripts zusammenhängende Probleme erarbeitet werden sollen.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I und II, Thermodynamik, evtl. Wärme- und Stofftransport von Vorteil aber nicht zwingend erforderlich

#### Inhalt:

Ausgehend vom Vorwissen aus der Fluidmechanik I/II werden die allgemeinen Zusammenhänge der Navier-Stokes Gleichung noch einmal wiederholt und analytische Lösungen derselben besprochen. Darauf aufbauend werden folgende Themen aus der Grenzschichttheorie behandelt:

- \* Herleitung der Grenzschichtgleichungen aus den Navier-Stokes Gleichungen
- \* Lösungen der inkompressiblen Grenzschichtgleichungen für ebene, zweidimensionale Strömungen
- \* Temperaturgrenzschichten
- \* kompressible Grenzschichten
- \* dreidimensionale Grenzschichten

- \* Stabilitätstheorie - laminar-turbulenter Umschlag
- \* Turbulente Grenzschichten
- \* Experimentelle Grenzschichtforschung

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden verfügen nach erfolgreichem Bestehen des Moduls Grenzschichttheorie über: (1) Kenntnisse des grundsätzlichen Vorgehens in der Formulierung von Vereinfachungen zu reibungsbehafteten Gleichungen in der Strömungslehre wie auch der Thermodynamik, (2) Kenntnisse über die Formulierung der Grenzschichtgleichungen für verschiedene Strömungsklassen, (3) die Fähigkeit, mit Hilfe der Lösung einfacher Differentialgleichungen das Verhalten der Strömung in der Nähe von Wänden näherungsweise zu beschreiben, (4) die Fähigkeit, mit Hilfe von integralen Zusammenhängen eine Abschätzung von Grenzschichtparametern durchzuführen, (5) die Fähigkeit, mit Hilfe der Lösungen der Grenzschichttheorie Näherungslösungen für komplexere Umströmungen von Profilen, etc. qualitativ und quantitativ zu beurteilen, (6) die Fähigkeit, die Entstehung von Turbulenz durch das Kennenlernen des Transitionsprozesses zu beschreiben.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die in der Vorlesung vermittelten mathematische Gleichungen und Zusammenhänge werden an der Tafel hergeleitet und durch Powerpoint-Folien unterstützt. In der Übung werden die Inhalte aufgegriffen und vertieft. Dabei werden Lösungen zu Problemstellungen der Grenzschichttheorie unter Anwendung der erlernten Zusammenhänge erarbeitet und vorgerechnet. Sowohl für die Vorlesung als auch für die Übung können die Studierenden ihr Wissen durch Materialien und Anwendungen, die auf e-learning Plattformen zur Verfügung gestellt werden, vertiefen.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht durch e-learning Plattformen ergänzt

### **Literatur:**

Vorlesungsmanuskript, Vorlesungsfolien, Übungsaufgabensammlung mit Lösungen, zusätzliche Materialien auf der e-learning Plattform. Schlichting "Grenzschichttheorie", Frank M. White "Viscous Fluid Flow".

### **Modulverantwortliche(r):**

Stemmer, Christian; Apl. Prof. Dr.-Ing. habil.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Grenzschichttheorie (MW0798) (Vorlesung, 2 SWS)

Stemmer C

Übung zu Grenzschichttheorie (MW0798) (Übung, 1 SWS)

Stemmer C, Olmeda R

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1628: Angewandte CFD | Applied CFD

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Das Erzielen sämtlicher Lernergebnisse wird in Form einer schriftlichen Prüfung (60% der Modulnote) und einer Projektarbeit (40% der Modulnote) überprüft.

In der 45-minütigen, schriftlichen Prüfung sollen Studierende durch Beantwortung von Fakten- und Verständnisfragen zeigen, dass Sie die Grundlagen der in aktuellen Strömungssimulationswerkzeugen verfügbaren Modelle und Methoden verstanden haben. In der schriftlichen Prüfung sind (bis auf das Schreibwerkzeug) keine Hilfsmittel zugelassen.

Durch die Projektarbeit mit einer Bearbeitungszeit von acht Wochen soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden mit Hilfe eines kommerziellen Softwarepakets ein realitätsnahes, strömungsmechanisches Problem lösen können. In einem Bericht zum Projekt müssen Studierende demonstrieren, dass sie die erzielten Simulationsergebnisse kritisch analysieren und richtig bewerten können. Der abzugebende Bericht mit einem Umfang von ca. zehn Seiten kann in Einzel- oder in Gruppenarbeit erstellt werden; genauere Vorgaben werden rechtzeitig in der Vorlesung bekanntgegeben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik; Vorheriges oder paralleles Absolvieren des Moduls "Turbulente Strömungen" ist vorteilhaft.

#### Inhalt:

Das Modul Angewandte CFD bietet eine Einführung in die numerische Strömungsmechanik. Die Vorlesung umfasst (1) Grundlagen der mathematischen, physikalischen und numerischen

Modellierung turbulenter Strömungen, (2) Methoden zur numerischen Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen, (3) Randbedingungen, (4) die Erzeugung geeigneter Rechengitter, (5) Visualisierung und Bewertung von Simulationsergebnissen. Ebenfalls Teil der Veranstaltung ist (6) ein Rechnerpraktikum in dem die praktische Anwendung des Softwarepaket ANSYS CFX / ICEM erlernt wird und Simulationen durchgeführt werden.

**Lernergebnisse:**

Die Studierenden verfügen nach erfolgreichem Bestehen des Moduls Angewandte CFD über folgende Fähigkeiten: (1) Verständnis der in aktuellen Strömungssimulationswerkzeugen verfügbaren Modelle und Methoden, (2) Aufsetzen und Durchführung von Strömungssimulationen, (3) Analyse und Bewertung von Simulationsergebnissen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Grundlagen der angewandten CFD anhand von Vortrag, Präsentation und Anschrieb mittels Folien, Tablet-PC und Beamer vermittelt. Die Theorie wird mittels Beispielen veranschaulicht. Den Studierenden werden eine Foliensammlung online zugänglich gemacht. Im Rechnerpraktikum wird den Studierenden eine Anleitung zur Bedienung des Softwarepakets ANSYS CFX/ICEM bereitgestellt, mit der sie vorgegebene Aufgabenstellungen selbstständig bearbeiten und die Simulationsumgebung kennenlernen. Das theoretische Wissen aus der Vorlesung und die praktischen Fertigkeiten aus dem Rechnerpraktikum wenden die Studierenden im Projekt an, um eine Strömungssimulation mit vorgegebenen, realitätsnahen Geometrien selbstständig durchzuführen und zu analysieren.

**Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht, Rechnerpraktikum

**Literatur:**

Vorlesungsfolien. Ferziger und Peric: "Computational Methods for Fluid Mechanics", Anderson: "Computational Fluid Mechanics", Wilcox: "Turbulence Modeling for CFD"

**Modulverantwortliche(r):**

Stemmer, Christian; Apl. Prof. Dr.-Ing. habil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Energetechnische Systeme | Energy Systems**

Aus dieser Säule sind Module im Umfang von mindestens 20 Credits zu erbringen.

## Modulbeschreibung

### EI70860: Integration of Renewable Energies | Integration of Renewable Energies [IRE]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur (60 min). In der Prüfung wird mittels Fragen das Verständnis überprüft, ob die Studierenden die grundsätzlichen Herausforderungen bei der Integration der Erneuerbaren Energien wiedergeben können. Mit der Berechnung einfacher Beispiele wird überprüft, inwieweit das Wissen auf konkrete Fragen angewendet werden kann. Die Prüfung wird benotet.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse über:

- Erneuerbare Energietechnologien (Wasserkraft, Wind, Photovoltaik, Biomasse, Geothermie)
- Stromerzeugung und -transport in verschiedenen Szenarien der zukünftigen Energieversorgung
- Fossile und erneuerbare Energieträger
- Ordnungsrahmen in Strommärkten
- Politische und soziale Aspekte in Energiesystemen

#### Inhalt:

Die Vorlesung ist in eine Einführung und drei Hauptkapitel (Physikalische-, System- und Markt-Integration) gegliedert, welche die verschiedenen Herausforderungen im Rahmen der Integration der erneuerbaren Energien in ein existierendes Stromsystem klassifizieren:

In der Einführung werden die Eigenschaften fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien diskutiert und die daraus resultierenden Herausforderungen für das System abgeleitet.



Physikalische Integration diskutiert (technische) Möglichkeiten, welche die Anpassung von Erzeugungs- und Verbrauchsseite ermöglichen (Netze, Speicherung, Lastmanagement, etc.). System-Integration bewertet den möglichen Beitrag von erneuerbaren Energien zu Systemdienstleistungen (Regelleistung, Blindleistung, Momentanreserve, etc.). Markt-Integration erklärt den Einfluss eines steigenden Anteils an erneuerbaren Energien auf die bestehenden Märkte in Stromsystemen und deren Teilnehmer. Zusätzlich werden alternative Marktkonzepte diskutiert.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls ist der Studierende in der Lage:

- die Herausforderungen eines Energiesystems mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien zu beschreiben
- die Eigenschaften von erneuerbaren Energien aus Systemperspektive zu verstehen
- mögliche Optionen, die die Integration erneuerbarer Energien verbessern, zu analysieren
- das Systemverhalten von erneuerbaren Energien zu verstehen
- den Einfluss erneuerbarer Energieerzeugung auf die konventionellen Kraftwerke zu analysieren
- erneuerbare Energieerzeugung in Bezug auf Strommärkte und den Bedarf an Regelleistung zu bewerten

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung : Vorträge, Präsentationen und Tafelarbeit als Frontalunterricht

Übung: Berechnungen (per Hand oder PC-gestützt) und Literatur werden in den Übungsstunden diskutiert

### **Medienform:**

Vorlesung und Übung mit Beamer und an der Tafel. Präsentationen und Übungen werden online zur Verfügung gestellt.

### **Literatur:**

Lawrence E. Jones, Renewable Energy Integration, 2017

IEA: The Power of Transformation, 2014

### **Modulverantwortliche(r):**

Hamacher, Thomas; Prof. Dr.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Integration of Renewable Energies (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Kuhn P, Gawlick J

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI70870: Modellierung von Energiesystemen | Modeling of Energy Systems

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Modulprüfung mit folgenden Bestandteilen: Die Modulprüfung besteht aus einer Klausur (90 min) zur Vorlesung. Kurzfragen sowie Multiple-Choice dienen zur Prüfung der theoretischen Kenntnisse. Rechenaufgaben überprüfen die Beherrschung der vorgestellten Anwendungen und Algorithmen. Textaufgaben prüfen die Methodenkompetenz, unter anderem bei der Bewertung von Datenqualität sowie hinsichtlich der praktischen Modellanwendung. Die Klausur wird benotet.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes naturwissenschaftliches oder ingenieurwissenschaftliches Bachelorstudium (Grundlagen Höhere Mathematik und Physik)

#### Inhalt:

Einführung in die mathematische Modellbildung und deren Anwendung auf Energiesysteme, Mathematische Optimierung als wichtiges Werkzeug für Energiemodelle, Grundlagen der Wirtschaftswissenschaften sowie wichtige Konzepte der Energieökonomik, Allgemeine Gleichgewichtstheorie sowie Spieltheorie im Hinblick auf Energie und Umweltprobleme, Systemtheorie auf regionaler und globaler Ebene, Einblick in die Praxis der Modellierung sowie der notwendigen Datengrundlage

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden verschiedene Ansätze zur Modellierung von Energiesystemen wiedergeben.

Die Studierenden können die notwendigen Methoden zur Optimierung, der Modellierung von Ökonomien, spieltheoretische Betrachtungen sowie quantitative Systemmodelle in unveränderter Weise reproduzieren.

Sie können die Problematik der Datenbeschaffung einschätzen und die Qualität von Daten einordnen. Darauf aufbauend können die Studierenden Optimierungsprobleme erläutern und aufbauen. Sie sind in der Lage, in der Praxis eingesetzte Modelle in deren Funktion und Aussage einzuordnen und zu bewerten. Ebenso können sie gegebene Problemstellungen einem geeigneten Modellierungsansatz zuordnen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Vorträge, Präsentationen und Tafelarbeit

Übungsaufgaben werden zunächst von Studierenden selbstständig bearbeitet und dann in Übungsstunde erörtert.

### **Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Rechnergestützte Präsentation für den Vortrag
- Tafelarbeit
- Übungsaufgaben

### **Literatur:**

Thie 2008, Introduction to Linear Programming and Game Theory, Wiley

Bhattacharyya 2011, Energy Economics, Springer

Erdmann 2010, Energieökonomik, Springer

Mankiw 2011 – Economics, South-Western

Bofinger – Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, Pearson

Samuelson, Nordhaus 2005 – Economics, McGraw-Hill

Club of Rome – Die Grenzen des Wachstums, 1972

Weitere Literaturempfehlungen in den Vorlesungsunterlagen

### **Modulverantwortliche(r):**

Hamacher, Thomas; Prof. Dr.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### **EI7468: Mathematische Methoden zur Ausbau- und Einsatzplanung in modernen Energiesystemen | Mathematical Modeling for expansion and dispatch planning in modern energy systems [MAE]**

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2016/17

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### **Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:**

Die Modulprüfung wird schriftlich (90 min) abgehalten. Im Fokus stehen Rechen- und Textaufgaben zur Abprüfung der Methoden in der Kraftwerkseinsatzplanung und der Optimierungsverfahren im Kontext der Energiesystemanalyse. Das Beantworten der Fragen erfordert teils eigene Formulierungen und teils das Ankreuzen von vorgegebenen Mehrfachantworten.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

#### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Grundlagen Höhere Mathematik und Physik,  
Modul EI7448 Modellierung von Energiesystemen

#### **Inhalt:**

Grundsätzliche Problemstellungen der Kraftwerkseinsatz- und Ausbauplanung und des Lastflusses, Theoretische Hintergründe zum Lösen dieser Probleme:  
Nichtlineare Optimierung (Probleme mit und ohne Nebenbedingungen, Lagrange Funktion),  
Lagrange Dualität (Primales und duales Problem, Schwache und starke Dualität), Graphentheorie,  
Gemischt-ganzzahlige Optimierung (Grundlagen, Lösungsmethoden), Anwendung der Theorie auf  
Problemstellungen der Energiesystemtechnik (z.B. Optimaler Lastfluss, Kraftwerkseinsatzplanung,  
Netzausbau)

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verstehen die Studierenden die Grundlagen der Kraftwerkseinsatzplanung und der Modellierung des Ausbauplanung mit Hilfe von Optimierungsmethoden. Weiterhin können sie (nicht-)lineare Optimierungsprobleme für den Anwendungsbereich der Energiesystemanalyse (z.B. Optimaler Lastfluss) aufstellen. Gemischt-ganzzahlige Formulierungen für die Kraftwerkseinsatzplanung können von den Teilnehmern erarbeitet werden und geeignete Lösungsalgorithmen angewendet und charakterisiert werden.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die Problemstellungen aus der Ausbau- und Einsatzplanung werden in der Vorlesung erörtert. Konzepte zum Lösen dieser Problemstellungen werden mit Hilfe von Optimierungstheorie in der Vorlesung vorgestellt und mit Beispielen verdeutlicht. Mit Hilfe von Übungsblättern lernen die Studierenden den Umgang mit den Problemstellungen, die sie in Einzelarbeit lösen. Innerhalb der Übung werden die Schritte zur Lösung noch einmal ausführlich erläutert.

### **Medienform:**

Folien, Tafel, Semesterapparat, Übungsblätter

### **Literatur:**

Linear Programming and Network Flows; M. Bazaraa, J. Jarvis, H. Sherali; Third Edition; 2011; <http://dx.doi.org/10.1002/9780471703778>

A Textbook of Graph Theory; R. Balakrishnan, K. Ranganathan; 2012; <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-4529-6>

Integer Programming; M. Conforti, G. Cornuéjols, G. Zambelli; 2014; <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11008-0>

### **Modulverantwortliche(r):**

Hamacher, Thomas; Prof. Dr.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Mathematische Methoden zur Ausbau- und Einsatzplanung in modernen Energiesystemen (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Hamacher T, Breuning L

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0127: Thermische Kraftwerke | Thermal Power Plants

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min). Diese ist in einen Kurzfragenteil (30 min) und einem Berechnungsteil (60 min) aufgeteilt. Im Kurzfragenteil sollen die Studierenden anhand Verständnisfragen demonstrieren, dass sie die thermodynamischen Grundlagen und Bedeutung der Wärmekraftwerke für die Stromerzeugung sowie die Kraftwerksregelung und -einsatzplanung verstehen. Im Rechenteil wird überprüft ob sie Kreislaufrechnungen durchführen können, wichtige Kraftwerkskomponenten (Dampferzeuger, Dampf- und Gasturbine, Verdichter, Pumpe, Kondensator) berechnen oder bewerten können, welche Art von Wärmekraftwerk bei einem gegebenen Last- und Betriebsszenario am besten eingesetzt wird.

Zugelassenes Hilfsmittel ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Entwicklung der weltweiten Stromerzeugung aus erneuerbaren, nuklearen und fossilen Energieträgern  
Bedeutung thermischer Kraftwerke in der Stromerzeugung (fossile und regenerative Energieträger)  
Einfluss einer volatilen Stromerzeugung auf den Kraftwerkspark  
Thermodynamische und prozesstechnische Grundlagen  
Dampfkraftprozesse

Gasturbinenprozesse

Kombinierte Gas- und Dampfturbinen-Prozesse (Erdgas, Kohle)

Thermische Kraftwerke auf regenerativer Basis (Solar, Geothermie, Biomasse und Abfall)

Einsatzplanung und Regelung von Kraftwerken

Modellbildung und Simulation von Kraftwerksprozessen

Sonderkonzepte

Kernkraftwerke

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul "Thermische Kraftwerke" sind die Studierenden in der Lage die thermodynamischen Grundlagen und die grundlegende Anlagentechnik der verschiedenen Wärmekraftwerke und die Bedeutung der Wärmekraftwerke für die Stromerzeugung zu verstehen. Sie können thermodynamische Kreislaufrechnungen durchführen sowie wichtige Kraftwerkskomponenten (Dampferzeuger, Dampf- und Gasturbine, Verdichter, Pumpe, Kondensator) berechnen und sind in der Lage Optimierungspotentiale zu erkennen und zu analysieren. Des Weiteren verstehen die Studierenden die Grundlagen der Kraftwerksregelung und -einsatzplanung. Sie können bewerten, welche Art von Wärmekraftwerk bei einem gegebenen Last- und Betriebsszenario am besten eingesetzt wird und sind auch in der Lage grundsätzliche ökonomische Bewertungen der verschiedenen Kraftwerkstypen durchzuführen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen zu thermischen Kraftwerken anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Beispielhaft werden Probleme aus der Praxis vorgerechnet. Den Studierenden werden ein Skript, eine Formelsammlung sowie eine Aufgabensammlung zugänglich gemacht. Damit sollen die Studierenden lernen, die thermodynamischen Grundlagen und Bedeutung der Wärmekraftwerke für die Stromerzeugung sowie die Kraftwerksregelung und -einsatzplanung zu verstehen. In der Übung werden Aufgaben aus der Aufgabensammlung vorgerechnet. Die Studierenden lernen damit Kreislaufrechnungen durchzuführen, wichtige Kraftwerkskomponenten (Dampferzeuger, Dampf- und Gasturbine, Verdichter, Pumpe, Kondensator) zu berechnen oder zu bewerten, welche Art von Wärmekraftwerk bei einem gegebenen Last- und Betriebsszenario am besten eingesetzt wird. Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Skript, Tafelanschrieb, Tablet-PC mit Beamer, Online-Lehrmaterialien

### **Literatur:**

Baehr, H. D.: Thermodynamik - Grundlagen und technische Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2004

Thomas, H.-J.: Thermische Kraftanlagen - Grundlagen, Technik, Probleme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg,

New York, Tokyo, 1985

Strauß, K.: Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006

Spliethoff, H.: Power Generation from Solid Fuels. Berlin Heidelberg: Springer, 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Thermische Kraftwerke (Vorlesung, 2 SWS)

Netter T [L], Backofen G, Netter T, Spliethoff H

Übung Thermische Kraftwerke (Übung, 1 SWS)

Netter T [L], Backofen G, Netter T, Spliethoff H

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW0799: Einführung in die Kernenergie | Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### **Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:**

Klausur, 90 min

Es sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

#### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Die Vorlesungen und die Skripte werden auf Englisch angeboten.

Jedoch kann auch während der Lehrveranstaltung für Fragen und bei der schriftlichen Prüfung Deutsch verwendet werden.

Die Vorlesung ist geeignet für:

Studierende der Fachrichtungen Maschinenwesen, Physik und Chemie nach dem vierten Semester, welche daran interessiert sind, wie Strahlung angewendet werden kann, sowie der Nutzen radioaktiver Quellen.

#### **Inhalt:**

Die Vorlesung zeigt Grundprinzipien der sicheren Produktion von Elektroenergie von mittels Atomreaktoren mit den Hauptthemen:

- Die Rolle der Atomkraft im Energiemix.

- Die Geschichte der Kernkraft und ihre zukünftige Entwickl.
- Die Grundprinzipien der Kernspaltung.
- Die Umwandlung der Kernenergie in Elektroenergie.
- Die gegenwärtigen und zukünftigen Atomreaktordesigns.
- Die Grundprinzipien der nuklearen Sicherheit.
- Die Grundprinzipien der Strahlung und des Strahlenschutzes.
- Der Kernbrennstoffzyklus, Atommüllverarbeitung & Lagerung.

Die Vorlesung hat einen beschreibenden Charakter mit dem Schwerpunkt auf die technisch physikalischen Aspekte der Kernenergieproduktion.

Es werden auch einige mathematische Konzepte, Entwicklungen und Grundanwendungsprobleme in den Bereichen der Kernreaktionen, dem Energietransport, der Energieumwandlung und dem Strahlenschutz dargestellt.

Weitere Information unter [www.ntech.mw.tum.de](http://www.ntech.mw.tum.de)

### **Lernergebnisse:**

Am Ende der Vorlesung sind die Studierenden in der Lage folgendes zu verstehen:

- \* Wie Nuklear Energie heutzutage produziert wird
- \* Die physikalischen Gesetze auf welchen die Produktion von Nuclear Energie beruht
- \* Wie Kernkraft-Systeme arbeiten
- \* Grundlegende Konzepte von Strahlung und Strahlenschutz
- \* Die Grundlage der nuklearen Sicherheit
- \* Die wirtschaftlichen Probleme und Perspektiven der Kernenergie heute und in Zukunft

### **Lehr- und Lernmethoden:**

- Vorlesung mit Powerpoint Material (Präsentationen)
- intensive Nutzung der Tafel zur Erklärung der Konzepte

Interaktive Klasse:

Studenten werden ermutigt Fragen zu stellen und der Professor fragt auch häufig die Studenten

**Medienform:**

- gedrucktes Skript mit Vorlesungsinhalten
- gedrucktes Material aus dem Internet
- Kopien von nützlichen Lernmaterialien aus Büchern

**Literatur:**

Fundamentals of Nuclear Science and Energy,  
J.K. Shultis, R.E. Faw

Introduction to Nuclear Engineering,  
J.R. Lamarsh and A. J. Baratta  
Nuclear Energy,  
D. Bodanski

**Modulverantwortliche(r):**

Macián-Juan, Rafael; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Einführung in die Kernenergie (MW0799) (Vorlesung, 3 SWS)

Macián-Juan R [L], Macián-Juan R

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0884: Grundlagen der Nukleartechnik | Fundamentals of Nuclear Engineering [NUK 2]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Schriftliche Prüfung (Klausur, 90 min)

Die Studenten dürfen während der Prüfung einen wissenschaftlichen Taschenrechner benutzen; hilfreiche Formeln werden in der Prüfung angegeben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Vorlesung richtet sich an:

Studenten aus dem Maschinenbau, der Physik und der Chemie ab dem vierten Semester, die mehr über die technischen Grundlagen der Gestaltung und der Sicherheitsanalyse nuklearer Systemen lernen möchten.

Vorlesungssprache:

Die Vorlesung wird in Englisch gehalten. Ebenso sind die meisten Vorlesungsmaterialien in Englisch, jedoch können während der Vorlesung Fragen auch in Deutsch gestellt, sowie die Prüfung in Deutsch abgelegt werden.

**Inhalt:**

Die Vorlesung stellt eine Einführung in die grundlegenden mathematischen Modelle und technischen Konzepte dar, die bei der Gestaltung kerntechnischer Systeme, sowie deren Sicherheitsbewertung, verwendet werden.

Es werde getrennt Vorlesungen und Übungen durchgeführt

Schwerpunkte der Vorlesung:

Die Vorlesung dient als Einführung in die:

- Grundlagen zur Gestaltung und der Analyse des Neutronenverhaltens
- Konzepte und Gebrauch von Wirkungsquerschnitten (cross sections)
- Modellierung des Neutronenverhaltens im Reaktor
- Dynamik-Modelle für den Kernreaktor
- Grundlagen der thermo-hydraulischen Gestaltung und Analyse
- Thermische und hydro-dynamische Beschreibung eines Kernreaktors
- Einführung in forschungs- und industrierelevante Computermodelle
  
- Grundlagen der Radioaktivität und der Strahlungsabschirmung
- Zerfallsmodelle
- Grundprinzipien des radioaktiven Schutzes und der radioaktiven Abschirmung
- Grundlagen der modernen Leichtwasserreaktor-Technologie
- Komponenten eines modernen Kernkraftwerks
- Einführung in die Sicherheitsanalyse kerntechnischer Systeme

Das Ziel der Vorlesung ist es, den Studenten mit einem grundlegenden Wissen über die mathematischen und technischen Zusammenhänge eines kerntechnischen Systems auszustatten. Die Themen und Inhalte sollen, von dem Standpunkt eines Ingenieurs aus gesehen, die notwendigen Informationen zum Verständnis über die Arbeitsweise eines nuklearen Systems vermitteln.

Übungen, Problemstellungen und Seminare werden die Theorie abrunden. An zahlenmäßigen Beispielen wird die tatsächliche Anwendung, der in der Vorlesung vorgestellten wichtigen Themen, veranschaulicht.

Falls es Zeit und Möglichkeit erlauben, sind Exkursionen zu einigen themenrelevanten Anlagen und Einrichtungen geplant.

The course will present the fundamental physical concepts and mathematical models used in Nuclear Engineering.

The objective is to provide the necessary information and make use of it in the solution of practical exercises to be able to understand:

Main topics:

- Fundamental concepts of nuclear reactor design
- The physics of nuclear reactions
- The mathematical and physical models used to describe the behavior of nuclear reactors
- The models utilized to design and analyze the thermal behavior of nuclear reactors
- Basic concepts of radiation and radiation protection
- Fundamental concepts of radiation shielding
- The fundamentals of Nuclear Power Reactor Technology

**Lernergebnisse:**

Am Ende des Moduls sind die Studierenden in der Lage zu verstehen:

Die Technik- und Design-Basics von:

- \* Nukleare Reaktoren
- \* Wärme-Hydraulisches Verhalten von Kernreaktoren
- \* Strahlenschutz

**Lehr- und Lernmethoden:**

- Vorlesung mit Powerpoint Material (Präsentationen)
  
- intensive Nutzung der Tafel zur Erklärung der Konzepte

Interaktive Klasse:

Studenten werden ermutigt Fragen zu stellen und der Professor fragt auch häufig die Studenten

**Medienform:**

- gedrucktes Skript mit Vorlesungsinhalten
- gedrucktes Material aus dem Internet
- Kopien von nützlichen Lernmaterialien aus Büchern

**Literatur:**

Nuclear Reactor Analysis

J.J.Deuderstadt, L.J. Hamilton

Fundamentals of Nuclear Science and Energy,

J.K. Shultis, R.E. Faw

Introduction to Nuclear Engineering,

J.R. Lamarsh and A. J. Baratta

Nuclear Energy - Principles, Practices and Prospects

D. Bodansky

**Modulverantwortliche(r):**

Macián-Juan, Rafael; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Grundlagen der Nukleartechnik (MW0884) - Übung (Übung, 1 SWS)

Macián-Juan R [L], de Melo Rego M

Grundlagen der Nukleartechnik (MW0884) (Vorlesung, 2 SWS)

Macián-Juan R [L], Macián-Juan R

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1353: Strahlung und Strahlenschutz | Radiation and Radiation-Protection [NUK 7]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

schriftliche Prüfung (90 min), Lösung von Anwendungsaufgaben.  
Es sind keine Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Vorlesung ist geeignet für Studenten der Fachrichtungen Maschinenwesen, Physik und Chemie nach dem vierten Semester mit Interesse am Fachgebiet der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes.

#### Inhalt:

Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes. Es wird gezeigt, wie ionisierende Strahlung beschrieben und experimentell/ praktisch kontrolliert wird, und wie man Schutzeinrichtungen entwirft, durch Einführung und praktische Anwendung der wichtigsten mathematischen und numerischen Methoden, die heutzutage beim Design und der Analyse von Strahlenschutzeinrichtungen verwendet werden.

#### Hauptthemen:

- Charakterisierung von Strahlung und ihrer Quellen
- Wechselwirkung von Strahlung mit Materie: Photonen, Elektronen, Neutronen, Ionen
- Methoden zur Bestimmung der Strahlendosis



- Deterministische und stochastische (Monte-Carlo) Methoden für Strahlenabschirmung und -schutz
- Strahlenschutzbestimmungen und Gesetze in Deutschland und Europa

Die Vorlesungen und die Skripte werden auf Englisch angeboten.

Jedoch kann auch während der Lehrveranstaltung für Fragen und bei der schriftlichen Prüfung Deutsch verwendet werden.

Weitere Information unter [www.ntech.mw.tum.de](http://www.ntech.mw.tum.de)

### **Lernergebnisse:**

Ziel der Vorlesung ist es, den Studenten das notwendige Wissen zu vermitteln, was Strahlung ist, wie sie sich ausbreitet und mit Materie wechselwirkt, wie man Strahlung misst und wie man Strahlenschutzeinrichtungen konzipiert. Praktische Übungen werden die Konzepte und Techniken veranschaulichen. Am Ende der Vorlesung sollte der Student fähig sein, Strahlenbelastung zu quantifizieren und einen Strahlenschild zu konzipieren.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

- Vorlesung mit Powerpoint Material (Präsentationen)
- intensive Nutzung der Tafel zur Erklärung der Konzepte

Interaktive Klasse:

Studenten werden ermutigt Fragen zu stellen und der Professor fragt auch häufig die Studenten

### **Medienform:**

- gedrucktes Skript mit Vorlesungsinhalten
- gedrucktes Material aus dem Internet
- Kopien von nützlichen Lernmaterialien aus Büchern

### **Literatur:**

Grundkurs Strahlenschutz

C. Grupen

Introduction to Nuclear Engineering

J.R. Lamarsh

Nuclear Reactor Analysis

J.J. Duderstedt

Particle Detectors  
C. Grupen; B. Shwartz

R. Becker  
Theorie der Wärme

**Modulverantwortliche(r):**

Macián-Juan, Rafael; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Strahlung und Strahlenschutz - Übung (Übung, 1 SWS)

Macián-Juan R [L]

Strahlung und Strahlenschutz (Vorlesung, 2 SWS)

Macián-Juan R [L], Macián-Juan R

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1814: Solarthermische Kraftwerke | Solarthermal Power Plants

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden und auf weiterführende Aufgabenstellungen zu übertragen.  
Zugelassene Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner, handschriftliche Formelsammlung (1 Blatt oder zwei Einzelseiten).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

In der Vorlesung werden Konzepte zur Wärmeengewinnung aus Sonnenenergie vorgestellt, bewertet und miteinander verglichen. Darauf aufbauend werden dann klassische und innovative Kreislaufkonzepte zur Verstromung der Solarenergie, wie etwa in ORC-Prozessen oder Kalina- und Flash-Systemen, behandelt.

\*Einführung: Begriffserklärung und Potentiale

\*Konzentrierende Solarkollektoren: Kollektorgeometrien und Funktionsweisen, Kollektoraufbau, solarthermische Kraftwerkskonzepte

\*Kreisprozesse: Wirkungsgrade, Vorstellung thermodynamischer Kreisprozesse, Hybridkonzepte/ Kombikraftwerke

Wärmeträger- und Arbeitsmedien: Grundlagen und Übersicht verfügbarer Wärmeträger, Herstellungsprozesse, Eigenschaften von Thermalölen, Anwendungsgebiete, Charakterisierung von Organic Rankine Cycle Arbeitsmedien, Silikonöle und Salzschnmelzen als Wärmeträger  
\*Energiespeicherung: Übersicht über mechanische, elektrochemische, thermische und chemische Speicher, Speicher in solarthermischen Kraftwerken  
\*Wirtschaftlichkeit: Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung, Annuitätenmethode, Kostenarten, EEX, CO<sub>2</sub>-Zertifikatshandel, spezifischer Investitionskostenvergleich, Stromentstehungskosten, Marktentwicklung, gesetzliche Rahmenbedingungen

**Lernergebnisse:**

Nach Besuch der Modulveranstaltung haben die Studenten ein tiefgehendes Verständnis von solarthermischen Kraftwerken, sowie von konventionellen und innovativen Kreislaufkonzepten zur Stromwandlung von Solarenergie. Darüber hinaus erhalten die Studenten einen Einblick in die Eigenschaften von Wärmeträger- und Arbeitsmedien in Kreisprozessen. Die Studenten haben einen Überblick über Technologien zur Energiespeicherung mit dem Fokus auf der thermischen Einspeicherung erhalten.

Weiterhin haben die Studenten Einsicht in die wirtschaftlichen Faktoren von solarthermischen Kraftwerken erhalten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte mittels Vortrag und PowerPoint-Präsentation vermittelt. Eine Übung vertieft die Vorlesungsinhalte

**Medienform:**

Vortrag, Präsentationen, Handout der PowerPoint-Folien

**Literatur:**

- \* Incropera, F.: Fundamentals of heat and mass transfer, Wiley 2002, ISBN 0-471-38650-2
- Vogel, W.; Kalb, H.: Large-Scale Solar Thermal Power, Wiley-VCH 2010, ISBN 978-3-527-40515-2
- \* Duffie, J.A.: Solar engineering of thermal processes, Wiley & Sons 2006, ISBN 0-471-69867-9

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2152: Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems | Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Grading is based on a written exam, of a duration 90 min. Students should demonstrate their knowledge of the principal topics of the course, including wind turbine aerodynamics, aeroelasticity, regulation & control, simulation and design. The exam is composed of about 10-15 questions, each one worth a certain number of points, for a total of 100 points. Questions will include multiple-choice answers, open questions and exercises. Detailed instructions on the exam will be given both at the beginning and at the end of the course. A review lecture will be offered at the end of the course to highlight the main concepts and help students prepare for the exam.

No aids are allowed during the exam, i.e no notes nor calculators, PCs, smartphones, etc.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in engineering mechanics and aerodynamics.

#### Inhalt:

The course offers a broad introduction to the engineering principles underlying the operation of wind turbines, as well as their design. The course is organized in the following five main modules:

" Introduction: introduction to wind energy, and overview of wind energy systems and wind turbines; the wind resource and its characteristics; anatomy of a modern wind turbine; wind turbine components; electrical aspects.

" Wind turbine aerodynamics: overview of rotor aerodynamics; one-dimensional momentum theory and Betz limit; wake swirl; airfoils; blade element momentum theory, dynamic inflow; unsteady

corrections, blade tip and hub losses, dynamic stall, stall delay and three-dimensional effects; deterministic and stochastic wind models.

" Dynamics and aeroservoelasticity: rigid and elastic flapping and lagging blade; the rotor as a filter, aerodynamic damping, flutter, limit cycle oscillations; loads; stability analysis; aeroservoelastic models of wind turbines; aeroservoelastohydroelastic models for off-shore applications.

" Wind turbine control: overview and architecture of wind turbine control systems; on-board sensors; supervisory control; regulation strategies; trimmers, load-reducing control, dampers; load and wind observers.

" Wind turbine design: overview of design criteria and certification guidelines; aerodynamic design; structural design; design and choice of sub-systems and components.

### **Lernergebnisse:**

After successfully completing the course, students will have an understanding of all main physical processes underlying the energy conversion process from wind. In addition, they will be able to apply their knowledge for giving qualitative explanations of key phenomena and for making some relevant quantitative predictions. For example, students will be able to analyze wind turbine performance and dynamics response, and to demonstrate the main strategies used for controlling these machines over their complete operating range. A specific goal of the course is to provide students with a multidisciplinary vision on the physics of wind energy systems, and to make them able to apply the explained methods to relevant problems. A particular emphasis will be placed on design, so that students will be able to evaluate the effects of design choices on the cost of energy.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

The course includes teaching lectures, which cover all theoretical content of the course and that are delivered with a teacher-centered style. The lectures are delivered with the help of slides, which include text, equations, figures, sketches and occasionally movies, as necessary in order to explain specific concepts or physical processes. Relevant examples from real-life wind energy applications will be given, whenever necessary or useful. The lecturer will annotate the slides or use the blackboard to help clarify some specific aspects, as necessary to ensure clarity and completeness of exposition. Review of background material is offered at the beginning of the course, to ensure that all students have the necessary knowledge and terminology.

The course also includes exercise sessions, whose role is to consolidate and deepen the understanding of topics presented in the teaching lectures. Exercise sessions are typically initiated with a short review (given by the teacher with the help of dedicated slides) of the theory or methods explained in the lecture sessions. After the review, exercise sessions are continued with student-centered work, where students solve practical problems (for example dealing with the formulation of regulation strategies, the assessment of the vibratory behavior of a rotor, or the analysis of its performance) using computer programs. Students are encouraged to use their own individual learning methods, and to take advantage of the exercise sessions to reinforce and ease the understanding of the course main topics.

All course content is described and explained in self-contained lecture notes and support material, which are made available to the students at the beginning of the course. The course material covers also the exercise sessions, and it is complemented by computer programs and all necessary data.

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

- Class room lectures
- Lecture notes (handouts)
- Exercises with solutions as download

**Literatur:**

Course material will be provided by the instructor.

Additional recommended literature:

" T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, Wind Energy Handbook, Wiley, 2011.

" J. F. Manwell, J.G. McGowan, A.L. Rogers, Wind Energy Explained, Theory, Design and Application, Wiley, 2012.

**Modulverantwortliche(r):**

Bottasso, Carlo; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems (Vorlesung, 2 SWS)

Bottasso C [L], Bottasso C, Mühle F, Wang C

Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems (Übung, 1 SWS)

Bottasso C [L], Mühle F, Wang C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2244: Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen mit Seminar | Energy from Biomass and Residuals with Seminar

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Übungsleistung, die sich aus einer mündlichen Prüfung (Dauer 30 min, Einzelprüfung, keine Hilfsmittel) und einer Gruppenarbeit (Seminar) zusammensetzt. Die Gruppenarbeit wird anhand der Abgabe eines Abschlussberichtes sowie einer zehn minütigen Abschlusspräsentation bewertet. Die Bewertung der Seminarnote erfolgt zu 60% zu Gunsten des Berichtes und zu 40% zu Gunsten der Präsentation. Die Gesamtnote für das Modul ergibt sich aus der Bewertung der Seminararbeit zu 40% und der mündl. Prüfung zu 60% (gewichtet entsprechend nach ECTS).

In der mündlichen Prüfung sollen die Studierenden nachweisen, dass sie die Rahmenbedingungen und Mechanismen der unterschiedlichen Arten zur energetischen Nutzung von Biomasse und Reststoffen verstehen und auf unterschiedliche Problemstellungen anwenden können. Dazu zählen z. B. biologische Umsetzungsverfahren wie Fermentation, thermochemische Umwandlungsverfahren wie Verbrennung oder Vergasung oder physikalische Umwandlungsverfahren wie Zerkleinern oder Trocknen sowie anschließende Prozesse zur Erzeugung von Strom, Wärme und Treibstoffe. Dazu soll ein Verständnis für unterschiedliche Arten von Biomasse und Reststoffen sowie ihr bevorzugtes Einsatzfeld entwickelt werden.

In der Gruppenarbeit entwickeln die Studierenden selbstständig ein spezifisches energetisches Nutzungskonzept für Biomasse und bewerten dieses anschließend techno-ökonomisch sowie ökologisch. Das Nutzungskonzept soll einen realen Standort mit der Nutzung lokal verfügbarer Biomasse und sinnvoller Endenergieeinbringung abbilden. Dadurch zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind in der Vorlesung erlangtes Wissen auf ein reales Beispiel unter den entsprechenden wirtschaftlichen, rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen anzuwenden. Das erarbeitete Konzept wird im Rahmen eines Abschlussberichtes zusammengefasst und anschließend in einer Abschlusspräsentation vor einer Jury aus Wirtschafts- und



Wissenschaftsvertretern vorgestellt. Zum Abschluss wird das am besten bewertete Konzept gekürt. Lernziel ist es fachlich ausgearbeitete Zusammenhänge mündlich zu präsentieren und überzeugend Außenstehenden vorzutragen.

**Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

keine

**Inhalt:**

Die Vorlesung behandelt die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen.

Im ersten Teil der Vorlesung werden Konzepte zur Nutzung biogener Stoffe und zur Entsorgung von Reststoffen vorgestellt. Neben konventionellen Nutzungskonzepten für die Wärme- und Stromerzeugung werden auch innovative Konzepte wie Vergärung, Pyrolyse und Vergasung, die Herstellung von Treibstoffen und die Anwendung neuer Technologien wie Brennstoffzelle, ORC-Prozess und Stirlingmotor behandelt.

Der zweite Teil der Vorlesung behandelt die verfahrenstechnischen Grundlagen dieser Konzepte. Dabei stehen vor allem technologische Probleme bei Verbrennung und Vergasung verschiedenster Brennstoffe und die Brennstofflogistik im Vordergrund.

Im begleitenden Seminar "Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen" steht die Planung dezentraler Versorgungs- und Entsorgungsanlagen im Mittelpunkt. Dabei sollen von den Teilnehmern individuell gewählte Beispiele ausgearbeitet und anhand einer Wirtschaftlichkeitsrechnung und der genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen beurteilt werden.

**Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme am Modul „Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen mit Seminar“ verstehen Studierende die Rahmenbedingungen und Mechanismen bei der biologischen, physikalischen und thermo-chemischen Umwandlung von Biomasse. Sie sind in der Lage, konventionelle und innovative Konzepte (z. B. Vergärung, Pyrolyse und Vergasung) unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und genehmigungsrechtlicher Rahmenbedingungen hinsichtlich der Einsetzbarkeit zur Bereitstellung von Wärme und Strom zu analysieren.

Sie können vorhandene und neue Konzepte hinsichtlich technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Machbarkeit bewerten, sowie eigene, auch neuartige Konzepte zur Bereitstellung und energetischen Nutzung von Biomasse entwerfen und die Absatzwege und -strategien der erzeugten Endenergie planen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen durch Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Verwendung von Multimedia-Komponenten (Filme und Animationen) sowie Funktionsmodelle vermittelt. Den Studierenden werden die Inhalte der Vorlesung durch ein gedrucktes Skript, sowie durch Multimediakomponenten im eLearning-Portal zugänglich gemacht.

Im Rahmen des Seminars werden die Grundlagen durch Vortrag und Tafelanschrieb vermittelt. Die Studierenden erhalten ebenso ein Skript mit den Inhalten des Vortrags sowie Arbeitsunterlagen mit Formelsammlung, Datentabellen etc. Im Rahmen des Seminars erarbeiten die Studierenden selbständig Konzepte zur energetischen Nutzung von Biomasse und bewerten die Konzepte hinsichtlich der technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Darstellbarkeit. Am Ende des Seminars findet eine Abschlussveranstaltung mit gemeinsamer Präsentation der ausgearbeiteten Konzepte vor einer Fachjury statt.

Zudem erfolgt im Rahmen der Vorlesung eine Exkursion zu einer Biomasse-Konversionsanlage (z.B. Heizkraftwerk, Kläranlage, Vergasungskraftwerk, ...). Hier können die Studenten erlernte Sachverhalte an real existierenden Anlagen wiederfinden und zur Anwendung bringen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb, Online-Lehrmaterialien (Multimedia), Seminarvorträge der Studenten

**Literatur:**

Karl, J.: Dezentrale Energiesysteme. 2. Aufl., München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2006  
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow, 2006  
Kaltschmitt, M: - Energie aus Biomasse (2009)

**Modulverantwortliche(r):**

Hartmut Spliethoff (spliethoff@tum.de)

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (Vorlesung, 2 SWS)  
Fendt S [L], Spliethoff H, Ewald A, Fendt S, Johne P

Seminar zu Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (Übung, 1 SWS)

Johne P [L], Spliethoff H, Fendt S, Johne P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2392: Strom- und Wärmespeicher im Energiesektor | Electricity and Thermal Storage in the Energy Sector [SWS]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Das Modul wird mit zwei Modulteilprüfungen abgeschlossen. In einer 90 minütigen, schriftlichen Klausur zu Semesterende (Prüfungsleistung, 100 % der Modulnote) wird anhand von Verständnisfragen, Rechen-, Auslegungs- und Dimensionierungsaufgaben überprüft, ob die Studierenden die Grundlagen und die Technologie aktueller Strom- und Wärmespeicher verstanden haben, konkrete Speicherkonzepte bewerten können und je nach Anforderungsprofil des Einsatzgebietes geeignete Speicher auswählen und dimensionieren können. Während des Semesters absolvieren die Studierenden eine Übungsleistung (Studienleistung, bestanden/ nicht bestanden). Bestandteile davon sind Kurzvorträge zum Ende des Semesters (ein Vortrag, Dauer etwa 5 Minuten) über zu bearbeitende Recherche Hausaufgaben. Damit weisen die Studierenden nach, dass sie, aufbauend auf den in der Vorlesung vermittelten Grundlagen, aktuelle Entwicklungen in der Forschung zu einem vorgegebenen Thema eigenständig recherchieren, zusammenfassen und in kompakter Form präsentieren können.

Im Hinblick auf kompetenzorientiertes Prüfen ist die Aufteilung in zwei Modulteilprüfungen innerhalb dieses Moduls zwingend erforderlich, da der Nachweis, dass die Studierenden in der Lage sind die aktuelle Forschung in der Speichertechnik eigenständig nachvollziehen und einordnen können, nicht durch das Bearbeiten von Rechen- und Verständnisfragen in begrenzter Zeit, wie es im Rahmen einer schriftlichen Prüfung gehandhabt wird, möglich ist.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Grundkenntnisse in Thermodynamik, Wärmeübergang, Energiesysteme und Kraftwerkstechnik

### **Inhalt:**

Durch die Teilnahme an der Vorlesung sollen die Studierenden einen Überblick über etablierte sowie innovative Technologien zur Strom- und Wärmespeicherung erhalten. Es werden Grundlagen sowie Funktionsweise, Anwendungsgebiete und Grenzen der unterschiedlichen Speicheroptionen vermittelt und Modelle zur Auswahl und Bewertung der Speicher vorgestellt. Anfangs wird auf die Bedeutung von Energiespeicher für das Erreichen von klimapolitischen Zielen eingegangen. Basierend darauf wird der Speicherbedarf abgeleitet und die verschiedenen Speicheroptionen bewertet.

Zunächst werden Konzepte zur Stromspeicherung vorgestellt, bewertet und miteinander verglichen, wie bspw. Pumpspeicher, Druckluft-speicher und Batterien. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von Wärmespeichern behandelt der zweite Teil der Vorlesung Wärmespeicher. Schwerpunkt liegt dabei auf Hochtemperaturspeicher für Kraftwerks- und industrielle Anwendungen. Es werden zuerst die Grundlagen der Wärmespeicherung und die damit verbundenen thermodynamischen und konstruktiven Aspekten erarbeitet. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird die Einbindung in ausgewählte Anwendungsfallen untersucht, wie z.B. Solarkraftwerke, Kohle & Gas-Kraftwerke und CAES.

Ergänzend und vertiefend werden die Grundlagen der Auslegung und Dimensionierung verschiedener Speichersysteme diskutiert und im Rahmen einer Übung angewandt.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Modelveranstaltung:

- (1) haben die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis des Speicherbedarfs, des Einsatzgebietes und der Technologie aktueller Strom- und Wärmespeicher erworben,
- (2) sind die Studierenden in der Lage, die einzelnen Speicherkonzepte in Bezug auf die Faktoren Leistung, Wirkungsgrad, Einsatzmöglichkeiten und Grenzen zu bewerten,
- (3) sind die Studierenden in der Lage, je nach Anforderungsprofil des Einsatzgebietes einen geeigneten Speicher auszuwählen und zu dimensionieren,
- (4) sind die Studierenden in der Lage, aktuelle Forschungstrends im sich schnell entwickelnden Feld der Strom- und Wärmespeichern zu verstehen, und eigenständig bewerten zu können.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung (Frontalunterricht) werden die Grundlagen der Strom- und Wärmespeicher im Energiesektor mit medialer Unterstützung durch eine Power Point Präsentation vermittelt. Während des Semesters erlangen die Studierenden überdies hinaus ein tiefgehendes Verständnis über den Speicherbedarf, die Einsatzgebiete und die Technologie aktueller Strom- und Wärmespeicher durch Selbststudium, d.h. Lesen und Aufbereiten von Buchabschnitten und/oder Fachartikeln und durch die Vorbereitung von Kurzvorträgen über zu bearbeitende Hausaufgaben. Die dafür zur Verfügung gestellten Themen und aufzubereitenden Aufgaben werden in der Vorlesung vom Dozenten vorgestellt und gemeinsam diskutiert. In der Übung werden die Aspekte der Vorlesung zusätzlich vertieft. Zur Vermittlung praktischer Inhalte zur Auslegung

und Dimensionierung verschiedener Speichersysteme werden entsprechende Übungsaufgaben bereitgestellt, die von den Studierenden selbstständig gelöst werden. Die Ergebnisse werden anschließend zusammen diskutiert.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation (Skript), Tafelanschrieb, Übungsaufgaben

**Literatur:**

Hauer, A.; Hiebler, S.; Reuß, M.: Wärmespeicher, Fraunhofer Irb Stuttgart 2013, ISBN 10: 381678366X

Sterner, M.; Stadler, I.: Energiespeicher – Bedarf – Technologien – Integration, Springer Vieweg 2014, ISBN 978-3-642-37380-0

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Übung zu Strom- und Wärmespeicher im Energiesektor (Übung, 1 SWS)

Hauck M [L], Eyerer S, Hauck M, Spliethoff H, Vandersickel A, Wieland C

Strom- und Wärmespeicher im Energiesektor (Vorlesung, 2 SWS)

Vandersickel A [L], Wieland C, Spliethoff H, Vandersickel A, Hauck M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2428: Solar Engineering | Solar Engineering [SolEng]

*Methoden der thermischen und elektrischen Solarenergienutzung*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur (90 min). Sie besteht aus zwei zeitlich aufeinander folgenden Teilen: einem Theorie- und einem Berechnungsteil.

Der Theorieteil dauert 45 min und findet ohne zusätzliche Hilfsmittel statt. Im Theorieteil soll nachgewiesen werden, dass ausgehend von den Grundlagen des Wärmetransports, insbesondere des Wärmetransports durch Strahlung, die Funktionsweise der in der Vorlesung diskutierten Varianten zur Nutzung von Solarenergie verstanden wurde. Darüber hinaus sollen verschiedene Leistungskennzahlen solcher Anlagen aus dem Gedächtnis abgerufen werden können, um eine grobe Auslegung von Solaranlagen sowie eine fundierte Diskussion verschiedener Anlagenvarianten zu ermöglichen.

Der Berechnungsteil dauert ebenfalls 45 min und findet mit einer vom Lehrstuhl zur Verfügung gestellten Formelsammlung und einem Taschenrechner als Hilfsmittel statt. Im Berechnungsteil werden verstärkt die thermodynamischen und elektrotechnischen Grundlagen beim Einsatz von Solaranlagen geprüft. Das Ziel ist es, quantitative Aussagen zur Betriebsweise und zum Betriebsverhalten von Solaranlagen unterschiedlicher Bauweisen auch in untypischen Betriebspunkten oder an ungewöhnlichen Standorten treffen zu können, um letztlich die Auslegung von Anlagen für beinahe beliebige Anwendungen zu ermöglichen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Wärmetransportphänomene, Thermodynamik, Grundlagen der Elektrotechnik.

**Inhalt:**

Fachliche Inhalte:

1. Überblick zur Nutzung von Solarenergie,
2. Grundlagen der Wärmestrahlung und der Solarstrahlung,
3. Mechanik der relativen Sonnenpositionen,
4. Solarthermische Flachkollektoren,
5. Konzentrierende thermische Solarsysteme,
6. Grundlagen der Photovoltaik,
7. Anwendungen der Photovoltaik.

Fachpraktische Inhalte:

Praktische Hinweise zur Integration von Solarsystemen in Gebäuden und Kennenlernen von aktuellen Systemen auf dem Markt (Teilnahme an einer Exkursion zur Solarmesse).

Fachübergreifende Inhalte:

Ingenieurtechnische Abschätzungen rund um das Thema Energie und Leistung.

Methodische Inhalte:

Ingenieurtechnische Herangehensweise an Problemstellungen zum Thema Solarenergie.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, die Entwicklung der erneuerbaren Energien, insbesondere der Solarenergie vor dem Hintergrund der allgemeinen Energiesituation in Deutschland bzw. weltweit zu bewerten. Auf Grundlagenwissen wird im Rahmen des Moduls ein starker Fokus gelegt, was den Studierenden auch über das Modul hinaus erlaubt, sehr schnell thermodynamische Abschätzungen zu entwickeln und übergeordnete Zusammenhänge zu verstehen.

Das Modul greift Grundlagenwissen aus Modulen des Bachelorstudiums wie der Thermodynamik, des Wärmetransportes oder der Elektrotechnik auf. Dies erlaubt den Studierenden die Möglichkeit, das erlangte Wissen zu vertiefen und anzuwenden sowie schließlich eigene Ideen in Richtung Solarenergienutzung zu entwickeln. Eine Vertiefung des Themas "Wärmetransport durch Strahlung" hilft den Studierenden zu verstehen, wie sich Strahlungsphänomene allgemein und Solarstrahlung im Speziellen analysieren lassen.

Ein Alleinstellungsmerkmal des Moduls ist auch das Thema "Mechanik der relativen Sonnenpositionen", was nicht nur das Verständnis der Sonnenpositionen in der terrestrischen Solarenergienutzung vertieft, sondern auch die Beobachtung solarer Phänomene im Alltag noch interessanter macht.

Schwerpunkt der Vorlesung ist das Erlernen ingenieurwissenschaftlicher Methoden für die Entwicklung und Bewertung von Systemen zur thermischen und elektrischen Solarenergienutzung. Dies umfasst sowohl thermodynamische bzw. elektrotechnische Auslegungsmethoden als auch ein grundlegendes Verständnis für die Integration von Solarsystemen in Gebäuden. Der Bezug zur Praxis wird durch die Teilnahme an einer Exkursion verstärkt, was den Studierenden die Möglichkeit gibt, sich auch mit aktuellen Themen aus Industrie und Forschung auseinanderzusetzen und sich mit diesen kritisch auseinanderzusetzen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Grundsätzlich beinhaltet das Modul drei Lehrformate: Vorlesung, Übung und Exkursion. Im Rahmen der Vorlesung wird auf Interaktion mit den Studierenden großer Wert gelegt. Der Vortragende bekommt so ein direktes Feedback, ob das Lernziel - tief gehendes Verständnis der thermischen und elektrischen Solarenergienutzung - erreicht wurde. Herausstellen und Wiederholen von wichtigen Sachverhalten stellt sicher, dass die Studierenden die richtigen Prioritäten beim Lernen setzen können. Ein Gastvortrag aus der Industrie bringt zusätzlichen Praxisbezug zu den erlernten Methoden. Begleitend zur Vorlesung wird ein Skript zur Verfügung gestellt, in dem alle wichtigen Sachverhalte nochmals im Detail aufbereitet sind.

In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung weiter vertieft und direkt angewendet. Es wird den Studierenden eine Aufgabensammlung zur Verfügung gestellt, deren thematische Inhalte mit Studierenden aus früheren Jahrgängen abgestimmt wurden. So ist sichergestellt, dass nicht nur die richtigen fachlichen Themen geübt, sondern auch für Studierende interessante Aspekte behandelt werden. Die Aufgabensammlung beinhaltet sowohl Aufgaben als auch dazugehörige, ausführliche Lösungen, die den Studierenden am Semesteranfang zur Verfügung gestellt werden. So können die Studierende selbst entscheiden, ob die Themen im Eigenstudium durchgearbeitet oder an der Übungsveranstaltung teilgenommen werden soll - auch dieser Modus geht auf Feedback von Studierenden zurück. Ziel des Einübens von Berechnungsaufgaben ist das Erlernen von Kenntnissen zur Dimensionierung und Auslegung von solarthermischen und -elektrischen Anlagen. Ausserdem wird über die Analyse der solaren Strahlungsverhältnisse das Erstellen von Ertragsanalysen für spezielle Solarenergieanwendungen erlernt.

In der Übung wird eine Auswahl von Aufgaben im Detail diskutiert und gerechnet. Die Studierenden werden dazu angeregt, Fragen direkt zu stellen und die Lösung der Aufgaben kritisch zu hinterfragen. Außerdem haben sie die Möglichkeit, auch außerhalb der Übung auf den Übungsleiter zuzugehen und ggf. einen Termin zur Diskussion eines Problems zu vereinbaren.

### **Medienform:**

Vortrag, Folienanschrieb, Präsentation, Vorlesungsskript, Vorlesungsfolien, Übungsskript, alte Prüfungsaufgaben, Online-Umfragen während der Übung.

### **Literatur:**

Das Vorlesungsskript ist ausreichend.  
Zusätzlich wird empfohlen:



(1) Duffie, John A.; Beckman, William A.; Solar Engineering of Thermal Processes; John Wiley & Sons; 4th Edition 2013; ISBN: 0-471-51056-4.

(2) Quaschnig, Volker; Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation; Hanser Verlag, München, 9. Auflage 2015; ISBN: 978-3-446-44333-4.

**Modulverantwortliche(r):**

Sattelmayer, Thomas; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Energetische Maschinen und Komponenten | Energy Technology Machines and Components**

Aus dieser Säule sind Module im Umfang von mindestens 20 Credits zu erbringen.

## Modulbeschreibung

### CH3063: Angewandte Elektrochemie | Applied Electrochemistry

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

##### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

##### (Empfohlene) Voraussetzungen:

##### Inhalt:

##### Lernergebnisse:

##### Lehr- und Lernmethoden:

##### Medienform:

##### Literatur:

Bard, A.J. and Faulkner, L.R. (2001) Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

Hamann, C.H.; Hamnett, A. and Vielstich, W. (2007) Electrochemistry, 2nd edition, Weinheim: Wiley-VCH

Vielstich, W.; Lamm, A. and Gasteiger, H.A. (2009) Handbook of Fuel Cells, 1st edition, Weinheim: Wiley-VCH

Larminie, J. and Dicks, A.L. (2003) Fuel Cell Systems Explained, 2nd edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

**Modulverantwortliche(r):**

Gasteiger, Hubert; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI0611: Grundlagen Elektrischer Energiespeicher | Basics of Electrical Energy Storage

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2015/16

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Im Rahmen einer 60 minütigen schriftlichen Klausur wird durch das Beantworten von Fragen und Berechnungen an vorgegebenen Speichersystemen überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind Speichertechnologien wiederzugeben und anhand eines universellen Speichermodells zu beschreiben.

Während des Semesters sollen fachliche Vertiefungen durch Lesen von Fachartikeln erfolgen. Diese zu lesenden Artikel werden in der Vorlesung diskutiert und sind auch prüfungsrelevant.

Die Endnote setzt sich aus folgenden Prüfungselementen zusammen:

- 100 % Abschlussklausur

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine speziellen Anforderungen

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt einen Einblick in die Grundlagen und die Funktionsweise von elektrischen Energiespeichern.

- Einführung, Begriffe, Definitionen
- Abstraktes Speichermodell
- Grundlagen kinetische Speicher (Schwungrad)

- Grundlagen weitere mechanische Speicher (Druckluft, Pumpspeichersystem)
- Grundlagen direkte elektrische Speicher
- Grundlagen Batteriespeicher
- Grundlagen Gasspeicher (Elektrolyse, Methanisierung ...)

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls ist der Hörer in der Lage unterschiedlichen Speichertechnologien und darauf basierende Speichersysteme zu berechnen und zu bewerten, einschließlich eventueller Wandlersysteme, die notwendig sind. Anhand einer abstrakten Betrachtung mit einem universellen Speichermodell vermögen sie eine technologieunabhängige Betrachtung einzusetzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Als Lehrmethode wird in der Vorlesung Frontalunterricht, ergänzt durch Gruppendiskussionen, verwendet. Ferner sollen Exponate zur Veranschaulichung eingesetzt werden und einige Zusammenhänge werden auch mittels Animationen gezeigt.

Als Lernmethode wird zusätzlich zu den individuellen Methoden des Studierenden eine vertiefende Wissensbildung durch anschauliche Fallstudienbetrachtungen angestrebt.

**Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Präsentationen mit Laptop und Beamer
- Tafelanschrieb
- Diskussionen zu Fachaufsätzen und aktuellen Themen, wie Speicher in der Elektromobilität und Speicher für die Energiewende.

**Literatur:**

Allgemeine Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

Es werden verschiedene Zeitschriftenbeiträge online zur Verfügung gestellt, die dann auch in der Vorlesung diskutiert werden.

**Modulverantwortliche(r):**

Jossen, Andreas; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Grundlagen Elektrischer Energiespeicher (Vorlesung, 3 SWS)

Jossen A, Kucevic D

Grundlagen Elektrischer Energiespeicher (Übung, 1 SWS)

Jossen A, Kucevic D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0058: Prozesstechnik in Kraftwerken | Process Technology in Power Plants

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur (90 min). Sie orientiert sich an einer praxisrelevanten Aufgabe z.B. zur Umrüstung eines Kraftwerks, zur Problembehebung im Kraftwerk oder zur Dimensionierung eines neuen Kraftwerks. Mit Fragen wird das Verständnis und die Fähigkeit zum Wissenstransfer überprüft, während durch Rechenaufgaben die Anwendung des Erlernten auf themenbezogene Probleme demonstriert werden soll. Die Studierenden sollen also beispielsweise zeigen, dass sie die unterschiedlichen Prozesse in einem Kraftwerk identifizieren und einordnen können sowie einzelne Komponenten unter Anwendung praxisrelevanter Formeln dimensionieren können.

Als Hilfsmittel zugelassen sind ein nicht-programmierbarer Taschenrechner und ein Wörterbuch für ausländische Studierende (welches keine Notizen, Unterstreichungen oder Markierungen enthalten darf).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Methoden der Energiewandlung und Thermische Kraftwerke (empfohlen)

#### Inhalt:

Hauptkomponenten thermischer Kraftwerke, d.h. von Systemen mit dem Zwischenschritt Wärme im Energieumwandlungsprozess.

Verbrennung: Aufheizen, Trocknung und Entgasung von Brennstoffen;

Brennstoffe: Kohle, Biomasse und Müll;

Feuerungsarten: Staubfeuerungen, Wirbelschicht- und Rostsysteme;  
Dampferzeuger: Konzepte und Schaltungen (Naturumlauf, Zwangumlauf, Zwangdurchlauf), und Verdampfungsprozess (Strömungsformen, Wärmeübergang), Wärmetechnische Auslegung und Wirkungsgrad, Betriebsweise und Regelung (Festdruck- und Gleitdruckbetrieb);  
Rauchgasreinigung: (Entstaubung, Entstickung, Entschwefelung);  
Vergasung: Kohle und Biomasse, Produktion von Strom und Syntheseprodukten, integrierte CO<sub>2</sub>-Abscheidung.  
CO<sub>2</sub>-freie Kraftwerkeskonzepte

### **Lernergebnisse:**

Eine Teilnahme am Modul Prozesstechnik in Kraftwerken ermöglicht den Studierenden die unterschiedlichen Prozesse in einem Kraftwerk zu identifizieren und einzuordnen. Sie können zwischen verschiedenen Anwendungsfällen von Technologien differenzieren und wissen über deren Einsatzgebiete. Des Weiteren sind sie in der Lage einzelne Komponenten sowie das Gesamtkraftwerk unter Anwendung empirischer Formeln zu dimensionieren.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen zur Prozesstechnik in Kraftwerken anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Beispielhaft werden Probleme aus der Praxis vorgerechnet. Den Studierenden werden eine Foliensammlung, eine Formelsammlung sowie eine Aufgabensammlung zugänglich gemacht. Die Studierenden lernen so z. B. die unterschiedlichen Prozesse in einem Kraftwerk auszulegen und zu bewerten. In der Übung werden Aufgaben aus der Aufgabensammlung vorgerechnet. Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden online zur Verfügung gestellt. Im Anschluss an die Übung wird die Verinnerlichung des Gelernten anhand von Onlinekurzfragen (Online-TED) überprüft und bei Bedarf die Inhalte noch einmal erläutert. Damit lernen die Studierenden, zwischen verschiedenen Anwendungsfällen von Technologien zu differenzieren und einzelne Komponenten sowie das Gesamtkraftwerk unter Anwendung empirischer Formeln zu dimensionieren. In den Assistentensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb, Tablet-PC mit Beamer, Online-Lehrmaterialien

### **Literatur:**

Strauß, K. (2009). Kraftwerkstechnik (6. Auflage ed.). Berlin Heidelberg: Springer; Mayr, F. (2005). Kesselbetriebstechnik (11. Auflage). Dr. Ingo Resch GmbH Gräfeling; Spliethoff, H. (2010). Power Generation from Solid Fuels. Berlin Heidelberg: Springer

### **Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**



Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0066: Motormechanik | Engine Mechanics [VM-MM]

*vormals Massen- und Leistungsausgleich von Verbrennungsmotoren*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Frage- und Problemstellungen anzuwenden.

Als Hilfsmittel zugelassen sind Geodreieck, Lineal und Zirkel; leere Klarsichtfolie; Folienstifte (dokumentenecht, Bleistifte oder Stifte in roter oder grüner Farbe sind nicht erlaubt). Nicht zugelassen sind Formelsammlungen, Taschenrechner und vorgefertigte Kurbelsterne.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Verbrennungsmotoren (MW0137)

#### Inhalt:

- \* Überblick über Kräfte und Momente am Verbrennungsmotor
- \* Kolbensekundärbewegung
- \* Kräfte und Bewegungen am Kolbenring
- \* Reibung im Motor im Allgemeinen und in der Kolbengruppe im Speziellen: Tribologische Grundlagen und Messmethoden
- \* Ventiltrieb: Auslegung und Berechnung der Steuerelemente
- \* Massenkräfte an verschiedenen Triebwerksbauarten
- \* Massenausgleich an Ein- und Mehrzylindermotoren (Reihen- und V-Motoren)
- \* Drehmoment- bzw. Leistungsausgleich am Motor

\* Drehschwingungen: Modellvorstellungen, Gefährdungspotential und Maßnahmen zur Vermeidung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung Motormechanik sind die Studierenden in der Lage...

... die Kräfte und Momente sowie die resultierenden Bewegungen und Schwingungen der Bauteile in Triebwerk und Steuertrieb eines Verbrennungsmotors einzuschätzen und ihren Einfluss auf Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu bewerten.

... das Vorgehen bei der Auslegung und Berechnung von Motorkomponenten wie Kolbenringen, Nocken, Ventilen und Ventildfedern nachzuvollziehen und kritische Beanspruchungssituationen zu erkennen.

... die Einflussgrößen auf die motorischen Reibungsverluste zu verstehen und dadurch Ansatzpunkte für die Senkung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs herzuleiten.

... praxisnahe Methoden zur Ermittlung der im Kolbenmotor wirkenden Massenkräfte zu verstehen und bei der Auslegung von Bauteilen zu berücksichtigen.

... das gängige Vorgehen zur Auslegung von Massenausgleichssystemen für Verbrennungsmotoren auf verschiedene übliche Motorbauformen anzuwenden.

... die Entstehung von Drehschwingungen am Motor zu verstehen und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung auf konkrete Beispiele anzuwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tablet-PC vermittelt. Die Theorie wird durch Anwendungsfälle erläutert und mit Hilfe von Rechenbeispielen gefestigt, Erfahrungen und Probleme aus der Praxis werden vorgestellt, diskutiert und gerechnet.

Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden kostenfrei in der Vorlesung verteilt oder werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

**Medienform:**

- \* Vortrag
- \* Präsentation
- \* Tablet-PC mit Beamer
- \* Online-Lehrmaterialien
- \* Skript

**Literatur:**

- [1]BENSINGER, W.-D.: Die Steuerung des Gaswechsels in schnellaufenden Verbrennungsmotoren. Springer-Verlag, 1955.
- [2]BOHNER, M.; FISCHER, R.; GSCHIEDLE R.; KEIL W.; LEYER S.; SAIER W.; SCHLÖGL B.; SCHMIDT H.; SIEGMAYER P.; WIMMER A.; ZWICKEL H.: Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik. Europa Lehrmittel, 2001.
- [3]BRONSTEIN I.N.; SEMENDJAJEW, K.A.; MUSIOL, G.; MÜHLIG H.: Taschenbuch der Mathematik. Verlag Harri Deutsch, 2001.
- [4]KÖHLER, E.; FLIERL, R.: Verbrennungsmotoren. Vieweg ATZ/ MTZ-Fachbuch, 2006.
- [5]KÜNTSCHER, V.; HOFFMANN, W.: Kraftfahrzeugmotoren. Vogel, 2006.
- [6]MAAS, H.; KLIER, H.: Kräfte, Momente und deren Ausgleich in der Verbrennungskraftmaschine. Springer, 1981.

**Modulverantwortliche(r):**

Wachtmeister, Georg; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0138: Motorthermodynamik und Brennverfahren | Thermodynamics of Internal Combustion Engines and Combustion Processes [VM-TB]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Frage- und Problemstellungen anzuwenden.

Als Hilfsmittel sind ein nicht-programmierbarer Taschenrechner, Geodreieck und Lineal zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Verbrennungsmotoren (MW0299); Thermodynamik 1 (MW9018)

#### Inhalt:

Entwicklungsprozess der Motorentwicklung

Kennzahlen

Thermodynamisches System Brennraum

Volumenverlauf

Wärmeübergang

Innere Energie, Realgasverhalten

Geschleppter Motor in der Hochdruckphase

Berechnung der zugeführten Wärme

Ladungswechselrechnung, Füll- und Entleermethode, akustische Theorie

Reibungsverluste

Simulation der Aufladung

Vorausberechnung der NO<sub>x</sub>-Entstehung  
Simulation der Verbrennung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage...  
& einen Verbrennungsmotor anhand charakteristischer Kennzahlen zu bewerten bzw.  
Randbedingungen für Neuentwicklungen zu definieren

... sich an verschiedene Modelle für die Vorausberechnung thermodynamischer Effekte zu erinnern (Ladungswechselrechnung, Wandwärmeübergang, Reibung, NO<sub>x</sub>-Entstehung, Verbrennung, Aufladung) und für den jeweiligen Anwendungsfall geeignete auszuwählen

... die Merkmale und die Vorgänge der konventionellen Brennverfahren des Otto- und des Dieselprozesses und auch neuartige Brennverfahren zu verstehen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tablet-PC vermittelt. Die Theorie wird durch Anwendungsfälle erläutert und mit Hilfe von Rechenbeispielen gefestigt. Erfahrungen und Probleme aus der Praxis werden vorgestellt, diskutiert und gerechnet.

Im Rahmen von Übungen werden Berechnungsbeispiele am Laptop durchgeführt und mit den Studenten die Ergebnisse diskutiert.

**Medienform:**

- \* Vortrag, Interaktive Übungen
- \* Präsentation
- \* Tablet-PC mit Beamer
- \* Online-Lehrmaterialien
- \* Skript

**Literatur:**

- \* van Basshuysen, Richard: Handbuch Verbrennungsmotor - Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 4. Auflage. Wiesbaden : Vieweg, 2007.
- \* Merker, Günter: Verbrennungsmotoren - Simulation der Verbrennung und Schadstoffbildung ; mit 15 Tabellen. 3. Auflage. Wiesbaden : Teubner, 2006.

**Modulverantwortliche(r):**

Wachtmeister, Georg; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0510: Flugantriebe 1 und Gasturbinen | Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 15	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur (90 min) und umfasst einen Kurzfragenteil sowie Berechnungsaufgaben zur Auslegung und Thermodynamik (Kreisprozesse und Komponenten) von Fluggasturbinen. Die Studierenden sollen nachweisen, dass sie den Aufbau von Fluggasturbinen inklusive aller systemrelevanten Komponenten begreifen, Unterschiede hinsichtlich verschiedener Konfigurationen charakterisieren, die Funktionsweise der wichtigsten Komponenten von Gasturbinen (Verdichter, Turbine, Brennkammer) verstehen und ihr Betriebsverhalten einschätzen können. Weiterhin wird geprüft, ob die Studierenden in der Lage sind den thermodynamischen Kreisprozess einer Gasturbine zu berechnen sowie wichtige daraus resultierende Kennzahlen zu bewerten.

Als Hilfsmittel sind zugelassen: Zeichen- und Schreibutensilien, nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Grundlagen der Thermodynamik (empfohlen)

### **Inhalt:**

Einführung [Klassifizierung und Anwendungsbereiche von Wärmekraftmaschinen; Prinzip der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Arbeitsumsetzung; Aufbau einer Gasturbine; Einblick in die Marktsituation; Historie der Flugmotoren];

Der thermodynamische Kreisprozess [Gaseigenschaften: Thermische und energetische Zustände; Hauptsatz der Thermodynamik; Enthalpie- und Entropiebilanz; Isentrope und polytrope Zustandsänderung; h-s-Diagramme, Divergenz der Isobaren, totale und statische Zustände; Joule-Brayton-Prozess: Berechnung, Optimierung hinsichtlich thermischen Wirkungsgrades und Nutzarbeit, Prozessparameter, Limitierung];

Prozessführung bei Flugtriebwerken [Randbedingungen von Fluggasturbinen; Ebenenbezeichnung; Kreisprozessführung bei unterschiedlichen Triebwerkskonfigurationen; Schubgleichung; Leistungen und Wirkungsgrade; Triebwerksauslegung und Optimierung];  
Prozessführung bei stationären Gasturbinen [Einsatzbereiche und Typen von stationären Gasturbinen; Ebenenbezeichnung; Kreisprozessführung bei stationären Gasturbinen; Einfluss von Wärmetauschern, Zwischenkühlern und sequenzieller Verbrennung];

Verdichter [Gasdynamische Grundlagen; Anforderungen und Aufgaben; thermodynamischer Prozess der Verdichtung; aerodynamische Verhältnisse im Mittelschnitt - Verständnis von Absolut- und Relativsystem; Geschwindigkeitsdreiecke; Eulersche Hauptgleichung für Turbomaschinen, ideale Stufencharakteristik; aerodynamische Instabilitäten (Rotating Stall, Pumpen); stabilitätssteigernde Maßnahmen];

Turbine [Aufgaben und Anforderungen; Bedeutung der Turbineneintrittstemperatur (TET) für die Prozessführung und Notwendigkeit der Schaufelkühlung; Arten der Kühlung und konstruktive Umsetzung; mechanische und thermische Belastbarkeit in Abhängigkeit vom eingesetzten Material; thermo- und aerodynamische Verhältnisse];

Brennkammer [Anforderungen an die Brennkammer und Bedeutung für den Kreisprozess; thermodynamische Grundlagen der Verbrennung; Brennkammerbauweisen sowie deren Vor- und Nachteile; Konzepte der schadstoffarmen Verbrennung; Brennkammerkühlung sowie Bedeutung des Temperaturprofils am Brennkammeraustritt];

Schub- und Leistungsabgabe [Turbojet, Turbohaft, Turbofan, Schubvariation, Schub- und Verbrauchslinie].

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul Flugantriebe 1 und Gasturbinen sind die Studierenden in der Lage:

- den Aufbau von Fluggasturbinen inklusive aller systemrelevanten Komponenten zu verstehen und Unterschiede hinsichtlich verschiedener Konfigurationen zu charakterisieren,
- den thermodynamischen Kreisprozess einer Gasturbine zu berechnen sowie wichtige daraus resultierende Kennzahlen zu bewerten,
- die Funktionsweise der wichtigsten Komponenten von Gasturbinen (Verdichter, Turbine, Brennkammer) zu verstehen und ihr Betriebsverhalten einzuschätzen.



**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen (z. B. thermodynamischen Kreisprozess einer Gasturbine) anhand von Vortrag, Präsentation mit Tablet-PC und Tafelanschrieb vermittelt. Den Studierenden wird dabei das Themengebiet an Hand von vielen Beispielen aus der Praxis nähergebracht. Den Studierenden wird die Foliensammlung zur Vorlesung, die Aufgabensammlung zur Übung sowie wöchentlich die Lösungen zu den Übungsaufgaben zugänglich gemacht. In der Übung werden die Aufgaben aus der Aufgabensammlung behandelt. Alle Lehrmaterialien werden den Studenten online in PDF-Form zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben. Die Studierenden lernen somit, beispielsweise den Aufbau von Fluggasturbinen inklusive aller systemrelevanten Komponenten und auch Unterschiede hinsichtlich verschiedener Konfigurationen zu verstehen sowie die Funktionsweise der wichtigsten Komponenten von Gasturbinen (Verdichter, Turbine, Brennkammer) zu charakterisieren und ihr Betriebsverhalten einzuschätzen. Zudem wird die Berechnung des thermodynamischen Kreisprozesses einer Gasturbine sowie die Bewertung daraus resultierender Kennzahlen vermittelt.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Tablet-PC mit Beamer, PDF-Dateien von Vorlesung und Übung

**Literatur:**

Bräunling, W. J. G.: "Flugzeugtriebwerke - Grundlagen, Aero-Thermodynamik, Kreisprozesse, Thermische Turbomaschinen, Komponenten und Emissionen", 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2009

Rick, H.: Gasturbinen und Flugantriebe, 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2015

Cumpsty N.: Jet Propulsion - A simple guide to the aerodynamic and thermodynamic design and performance of jet engines, 2nd edition, Cambridge University Press, 2003

**Modulverantwortliche(r):**

Gümmer, Volker; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Flugantriebe 1 und Gasturbinen - Vorlesung (Vorlesung, 2 SWS)

Gümmer V [L], Gümmer V ( Köhler C, Kuen N )

Flugantriebe 1 und Gasturbinen - Übung (Übung, 1 SWS)

Gümmer V [L], Köhler C, Kuen N

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0633: Methoden in der Motorapplikation | Methods in Engine Application

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Frage- und Problemstellungen anzuwenden.

Als Hilfsmittel ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung Verbrennungsmotoren (MW0137)

#### Inhalt:

- Vorstellung klassischer Applikationsaufgaben
- Grundsätzliche thermodynamische Überlegungen
- Aufzeigen von Zielkonflikten bezüglich Leistung, Emission und Verbrauch
- Ableiten typischer Stell- und Zielgrößen bei Otto- und Dieselmotoren
- Erläuterung grundsätzlicher Zusammenhänge bezüglich Motoreinstellung und Emission
- Aufbau Steuergerät
- Vorstellung Prüfstands Aufbau
- Erklärung mathematischer Modelle zur Beschreibung des Motorverhaltens
- Vorstellung von DoE-Prozessen
- Herleitung von Optimierungsstrategien
- Präsentation von Beispielen aus der Praxis

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen ist der Studierende in der Lage, Auswirkungen von Änderungen an der Motorsteuerung sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren abzuschätzen. Der Studierende entwickelt ein Gefühl für die Komplexität der motorischen Zusammenhänge. Er ist in der Lage das Motorverhalten in Form mathematischer Modelle abzubilden und kann den Aufwand und die Komplexität von Optimierungsaufgaben abschätzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tablet-PC vermittelt. Die Theorie wird durch Anwendungsfälle erläutert und mit Hilfe von Rechenbeispielen gefestigt. Erfahrungen und Probleme aus der Praxis werden vorgestellt, diskutiert und gerechnet.

Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen können erworben werden oder werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Skript

**Literatur:**

Bauer, Horst (2002): Dieselmotor-Management. 3. Aufl. Braunschweig: Vieweg.  
Robert Bosch GmbH.: Ottomotor-Management. 3. Aufl. (2005). Wiesbaden: Vieweg.  
Wallentowitz, Henning; Reif, Konrad (2006): Handbuch Kraftfahrzeugelektronik. Wiesbaden: Friedr.Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.

**Modulverantwortliche(r):**

Wachtmeister, Georg; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Methoden in der Motorapplikation [MW0633] (Vorlesung, 3 SWS)

Wachtmeister G, Zepf A, Fellner F

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0964: Grundlagen und thermohydraulische Analyse von Kraftwerken | Fundamentals and Thermal-Hydraulic Analysis of Power Stations [NUK4]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Klausur, 90 min

Es sind keine Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Vorlesung ist geeignet für:

Maschinenbau-, Physik- und Chemiestudenten nach dem 4. Semester, die Interesse an der Funktionsweise und dem Verhalten nuklearer Systeme haben.

#### Inhalt:

Die Vorlesung behandeln die Grundlagen und die Analyse des thermal-hydraulischen Verhaltens von

Kernenergiesystemen z.B. :

- Methoden der Energieproduktion
- Thermische und hydraulische Charakteristika von

## Kernreaktoren

- Thermische Bauprinzipien von Kernkraftwerken
- Beschreibung und Analyse der thermischen Leitfähigkeit nuklearer Brennstoffe
- Thermische Aspekte von Ein- und Zweiphasen-Strömungen in Kernreaktoren
- Einführung in nukleare Sicherheitsanalysen

Die Vorlesung konzentriert sich auf die bestehende Leichtwasserreaktor-Technologie. Darüber hinaus werden auch relevante Informationen zu anderen, zukünftige Reaktorformen in der Vorlesung gegeben.

## Lernergebnisse:

Am Ende des Moduls werden die Studierenden in der Lage sein folgendes zu verstehen:

- Wie die Kernenergie vom Reaktor zum elektrischen Generator transportiert wird.
- Benutzung mathematischer Modelle für Wärme und Hydraulik zur Entwicklung und Analyse der Sicherheit nuklearer Systeme
- Praktische Anwendung dieser Modelle für nuklearer Sicherheitsstudien und für die Entwicklung nuklearer Reaktoren

## Lehr- und Lernmethoden:

- Vorlesung mit Powerpoint Material (Präsentationen)
- intensive Nutzung der Tafel zur Erklärung der Konzepte

## Interaktive Klasse:

Studenten werden ermutigt Fragen zu stellen und der Professor fragt auch häufig die Studenten

## Medienform:

- gedrucktes Skript mit Vorlesungsinhalt
- gedrucktes Material aus speziellen Webseiten
- Kopien von nützlichen Lehrmaterialien aus Büchern

## Literatur:

Nuclear Systems I;  
Thermal Hydraulic Fundamentals  
N.E. Todreas and M.S. Kazimi

Nuclear Systems II;  
Elements of Thermal Hydraulic Design  
N.E. Todreas and M.S. Kazimi

Zusätzliche Materialien aus verschiedenen Quellen werden während der Vorlesung ausgeteilt.

**Modulverantwortliche(r):**

Macián-Juan, Rafael; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2119: Turbomaschinen | Turbomachinery

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die vermittelten Inhalte werden in Form von kompetenzorientierten Kurzfragen (Verständnisfragen) und Anwendungsbeispielen (Berechnungsaufgaben) schriftlich geprüft (90 min).

Zugelassene Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner, Formelsammlung (wird mit Prüfung ausgeteilt).

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Thermodynamik 1, Fluidmechanik 1

#### Inhalt:

Einleitung / Einteilung und Anforderungen an Turbomaschinen

Thermodynamische Grundlagen/Wichtige Größen

Energieumsetzung, Eulergleichung

Geschwindigkeitsdreiecke

Kennzahlen, Betriebsverhalten  
Anwendung Wasserturbine  
Anwendung Gasturbine  
Anwendung Dampfturbine  
Anwendung Turbolader  
Anwendung Ventilatoren, Gebläse und Verdichter

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die grundlegenden Typen von Turbomaschinen sowohl in ihrer Funktion als auch in der Anwendung zu verstehen und ihr Betriebsverhalten in typischen Anwendungen des Maschinenbaus einzuschätzen. Der Prozess der Energiewandlung in Arbeits- und Kraftmaschine kann mathematisch beschrieben und berechnet werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Beispielhaft werden Probleme aus der Praxis vorgerechnet. Den Studierenden wird eine Foliensammlung sowie einige Aufgaben zugänglich gemacht. In der Übung werden Aufgaben vorgerechnet. Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb, Tablet-PC mit Beamer, Online-Lehrmaterialien, Anschauungsmaterial

**Literatur:**

Bohl: Strömungsmaschinen 1, Vogel Verlag  
Sigloch - Strömungsmaschinen, Hanser Verlag  
Traubel: Thermische Turbomaschinen - Thermodynamisch-strömungstechnische Berechnung, Springer Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Gümmer, Volker; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW2427: Kernfusionstechnik | Nuclear Fusion Technology

[Kernfusionstechnik]

*Kernfusionstechnik*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion | Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Vorlesung ist eine Einführung in die Grundlagen der Kernfusionstechnologie und Kernfusionsreakorteknik. Nach der Beschreibung der wichtigsten Kernfusionsreaktionen und des physikalischen Hintergrundes werden Funktionsprinzipien existierender und in Konstruktion befindlicher Fusionsmaschinen, mit dem Fokus auf den Tokamak-Reaktor, beschrieben. Es wird ebenfalls das Konzept der zukünftigen thermonuklearen Reaktoren erläutert.

Ein wichtiger Teil des Kurses ist die Beschreibung fortschrittlicher Technologien, die in einigen Fällen auch in anderen Bereichen des High-Tech-Engineerings eingesetzt werden, wie z.b.

- Supraleitende Magnete
- Kryotechnik
- Plasmatechnologien
- Technologien für Komponenten mit hohem Wärmefluss
- Hochleistungs-Radiofrequenz- und Mikrowellenheizung
- Neutralstrahlinjektoren
- Breeding Blankets

Die Prüfungsleistung erfolgt in schriftlicher Form (schriftliche Klausur) und dauert 90 Minuten. Das erlaubte Hilfswerkzeug ist nur ein Taschencomputer. Durch die Beantwortung von Fragen zum Verständnis und ein paar Rechenaufgaben zeigen die Studenten, dass sie die Arbeitsprinzipien von Kernfusionsgeräten und die dazugehörigen fortschrittlichen Technologien gelernt haben und die Potenziale und technischen Probleme dieser Technologie als Lösung für den zukünftigen Energiebedarf erkennen können .

## Wiederholungsmöglichkeit:

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Vorlesung wird unter anderem angeboten für:

Studenten im 5. Semester der Fachrichtungen Maschinenbau, Physik, Technische Physik, Technische Mathematik und Informatik, Chemie, Chemie Ingenieurwesen

Voraussetzung ist die Kenntnis der Grundlagen der Physik (Mechanik, Thermodynamik Elektromagnetik)

### Inhalt:

Lektion 1: Hauptreaktionen der Kernfusion und Ansatz zur Fusion als Energiequelle

- Warum Kernfusion
- Hauptdefinitionen in der Kernphysik
- Massendefekt und Bindungsenergie
- Wichtige Kernfusionsreaktionen
- Warum Kernfusion schwierig ist

Lektion 2: Wege zur Kernfusion Teil 1:

- Schwerkraft -> die STERNE
- Der Tunneleffekt und der Hochenergie-Teil der Maxwell Verteilung

Lektion 2: Wege zur Kernfusion Teil 2:

- Beschleuniger
- Der Querschnitt  $\sigma$  und die Reaktionsgeschwindigkeit
- Erzeugung thermonuklearer Energie

Lektion 3: Überblick über Kernfusionsanlagen 1

- Beschleuniger und Muon Catalised Fusion (Erwähnung)
- Der thermonukleare Fusionsreaktor
- Magnetische Begrenzung

Lektion 4: Überblick über Kernfusionsanlagen 2

- Magnetische Confinement:
  - Das Tokamak-Konzept
  - Das Stellarator-Konzept
  - Magnetspiegelkonzept
- Inertial Confinement
- Der EU-Fahrplan für die kommerzielle Nutzung von Fusion im Jahr 2050

Lektion 5: Das Plasma

- Was ist das Plasma?
- Plasmaerscheinungen
- Plasmaentladungen

- Plasmaeigenschaften:
  - Debye-Abschirmung, elektrischer Widerstand
  - Runaway-Elektronen, Diamagnetismus
  - Der  $\beta$ -Parameter, Die Rotationstransformation und der Sicherheitsfaktor
  - Plasmaverluste

#### Lektion 6: Plasma-Hauptbetrieb - Tokamaks Teil 1

- JET Tokamak
- ITER Tokamak
- Tokamak-Plasmabetrieb

#### Lektion 7: Plasma-Hauptbetrieb - Tokamaks Teil 2

- Ein Betriebszyklus
- Tokamak-Plasma-Confinement
- Plasma-Instabilitäten
- Plasmadisruption

#### Lektion 8: Supraleitende Magnete

- Supraleitung (Erwähnen)
- Supraleiterproduktion
- Supraleitende Magnete Technologie für Fusionsgeräte
- W7-X-Magnete
- ITER-Magnete
- Nächster Schritt

#### Lektion 9: Komponenten im Vakuumgefäß- Tokamak

- Komponentenvor dem Plasma - Armour und Kühlkörper
- Materialien und Verbindungstechnologien
- Shielding Blankets
- Divertorsystem
- Spezielle Fertigungstechniken inkl.
- Fortschrittliche Kühlsysteme

#### Lektion 10: Vakuumgefäß und Kryostat - Tokamaks

- Das Vakuumgefäß
- Technologien zur Herstellung von Vakuumbehältern
- Kryostat
- Ultrahochvakuum

#### Lektion 11: Brennstoffkreislauf und Breeding Blankets - Überblick MHD

- Brennstoffkreislauf und Breeding Blankets (Theorie)
- Brennstoffkreislauf und Breeding Blankets (Technologie)
- Magnetohydrodynamik (Erwähnen)

#### Lektion 12: Plasmaheizung Teil 1

- Ohmsche Heizung
- Neutralstrahlinjektoren

#### Lektion 13: Plasmaheizung Teil 2

- RF- und Mikrowellenheizung

#### Lektion 14: Kryotechnik

- Kryotechnik und kryogene Prozesse
- Kühlzyklen und Verflüssigung von Gasen
- Materialien für kryogene Anwendungen
- Lagerung und Übertragung.

#### **Lernergebnisse:**

Ziel des Kurses ist es, die Studierenden in die Kernfusionstechnologie und ihre Forschungsfelder einzuführen. Am Ende des Kurses können die Studierenden verstehen, wie die Fusionskomponenten entworfen und hergestellt werden. Sie sind in der Lage, sich an fortgeschrittene Engineering-Technologien zu erinnern, die auf verschiedene andere Engineering-Bereiche angewendet werden können und in dem Fall nützlich sein können, wenn sie in Top- / innovativen Engineering-Bereichen arbeiten. Die Studierenden sind auch in der Lage, die Potenziale und technischen Probleme dieser Technologie als Lösung für den zukünftigen Energiebedarf zu erkennen.

#### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus Vorlesungen und einigen Übungen. In den Vorlesungen werden die Grundlagen der Nuklearfusionstechnologie anhand einer Lehrveranstaltung und Power Point-Folien vorgestellt und diskutiert. Die Vorlesungsnotizen sind in moodle verfügbar, sodass die Studenten selbst Notizen machen können. So lernen sie, die Potenziale und Engineering-Probleme dieser Technologie als Lösung für den zukünftigen Energiebedarf wahrzunehmen. In den Übungen werden einige praktische Rechenbeispiele gezeigt. Die Studierenden lernen somit beispielsweise, zu verstehen, wie die Fusionskomponenten entworfen und hergestellt werden.

#### **Medienform:**

Beamer Präsentation, Moodle

#### **Literatur:**

Tokamaks  
John Wesson,  
Oxford Science Publications

#### **Modulverantwortliche(r):**

Cardella, Antonino; Prof. Dr.

#### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Kernfusionstechnik (Vorlesung, 3 SWS)

Cardella A [L], Cardella A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### PH2050: Reaktorphysik 1 und Anwendungen der Kerntechnik | Reactor Physics 1 and Applications of Nuclear Technology

#### Grundlagen der Reaktorphysik

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es findet eine mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen, Diskussionen anhand von Skizzen und einfachen Formeln überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Erläutern Sie den Kernaufbau und die Stabilität von Kernen.
- Erklären Sie den Unterschied zwischen starken und schwachen Spaltstoffen.
- Erläutern Sie den Prozess der Neutronenmoderation.
- Diskutieren Sie das Spektrum der Neutronen in einem Moderator.
- Erklären Sie, wie die Leistung eines Reaktors geregelt werden kann.

Die Teilnahme am Übungsbetrieb wird dringend empfohlen, da die Übungsaufgaben auf die in der Modulprüfung abgefragten Problemstellungen vorbereiten und somit die spezifischen Kompetenzen eingeübt werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorkenntnisse nötig, die über die Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium hinausgehen.

### **Inhalt:**

- Kernaufbau und Kernspaltung
- Wirkungsquerschnitte
- Neutronenfluß, Reaktionsrate, freie Weglänge, Lebensdauer
- Resonanzstreuung und Breit-Wigner Formel
- Neutronenmultiplikation
- Thermischer Neutronenzyklus
- Fermi's 4-Faktoren Formel
- Kinetik einer Kettenreaktion
- Neutronenmoderation
- Thermisches, epithermisches und schnelles Neutronenspektrum
- Reaktorregelung und Zeitverhalten eines Reaktors
- Punktkinetische Gleichungen
- Die Forschungsneutronenquelle FRM II
- Anwendungen der Kerntechnik

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul ist der/die Studierende in der Lage

1. Kernaufbau und Kernspaltung zu erklären
2. die Energiefreisetzung bei der Spaltung zu verstehen und zu erklären
3. starke und schwache Spaltstoffe zu benennen
4. verschiedene Wirkungsquerschnitte zu benennen und zu erklären
5. die Neutronenmultiplikation an Hand des thermischen Neutronenzyklus zu verstehen und zu erklären
6. die Neutronenmoderation im thermischen Reaktor zu verstehen und zu erklären
7. die Reaktorregelung zu verstehen und zu erklären
8. die Leistungsmerkmale der Forschungsneutronenquelle FRM II zu benennen und zu bewerten.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2SWS) und begleitenden Übungen (2SWS). Die Lernergebnisse des Moduls werden durch eine frontale Vorlesung mit Tafelanschrieb und mündlicher Kommunikation sowie Powerpoint Präsentationen erreicht. Dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Physik aufgezeigt. Die Vorlesung wird durch wöchentliche Übungen ergänzt, in denen die Studierenden (~6-14 Studierende) unter der Aufsicht von Doktoranden/Dokorandinnen der Fakultät Probleme lösen. Sowohl die Vorlesungs- als auch die Übungsunterlagen werden auf Moodle den Studenten zugänglich gemacht. Zur Vertiefung der Materie wird den Studierenden ermöglicht, im Rahmen einer Exkursion ein kommerzielles Kernkraftwerk zu besichtigen.

### **Medienform:**

Präsentation, Tafelarbeit

### **Literatur:**

- D. Emendörfer, K. H. Höcker :Theorie der Kernreaktoren (B I Wissenschaftsverlag 1982)

- K. H. Beckurts, K. Wirtz: Neutron Physics (Springer Verlag 1964)
- A. Ziegler : Lehrbuch der Reaktortechnik (Springer Verlag 1964)
- S. Glasstone and M. C. Edlund: Kernreakthorie (Springer Verlag 1961)
- W. M. Stacey, Nuclear Reactor Physics, Wiley-VCH (2004)

**Modulverantwortliche(r):**

Böni, Peter; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Reaktorphysik 1 und Anwendungen der Kerntechnik (Grundlagen der Reaktorphysik) (Vorlesung, 2 SWS)

Böni P

Übung zu Reaktorphysik 1 und Anwendungen der Kerntechnik (Grundlagen der Reaktorphysik) (Übung, 2 SWS)

Böni P [L], Reiter C, Schwarz C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### PH2051: Reaktorphysik 2 und neue Konzepte in der Kerntechnik | Reactor Physics 2 and new Concepts in Nuclear Technology

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es findet eine mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen, Diskussionen anhand von Skizzen und einfachen Formeln überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Erklären Sie die P1-Approximation im Rahmen der Transporttheorie.
- Diskutieren Sie die Verteilung des Neutronenflusses in der Umgebung eines plattenförmigen Brennelements in einem Moderator.
- Erläutern Sie die Funktionsweise eines schnellen Reaktors.
- Erläutern Sie den Einfluss von Reaktorgiften auf den Betrieb eines Reaktors.
- Diskutieren Sie die Leistungsänderungen, die in einem Reaktor auftreten, wenn er prompt überkritisch gefahren wird.

Die Teilnahme am Übungsbetrieb wird dringend empfohlen, da die Übungsaufgaben auf die in der Modulprüfung abgefragten Problemstellungen vorbereiten und somit die spezifischen Kompetenzen eingeübt werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorkenntnisse nötig, die über die Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium hinausgehen.

### **Inhalt:**

- Diffusionskonstante und Fick'sches Gesetz
- Diffusionsgleichung mit Rand- und Anschlußbedingungen
- Lösungen der Diffusionsgleichung, Diffusionskerne
- Albedo und Reflektorsparnis
- Absorber im Neutronenfeld
- Multiplizierende Medien
- Eigenwertgleichung des kritischen Reaktors
- Alterstheorie nach Fermi, Bremsdichte, Lethargie, Bremskerne
- Reaktorgifte und Abbrandverhalten
- Reaktivitätsrückkopplungen und Reaktivitätskoeffizienten
- Reaktortypen in Wissenschaft und Technik

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul ist die Studierenden in der Lage:

- die Diffusion von Neutronen an Hand des Fick'schen Gesetzes zu verstehen und zu erklären
- die Diffusionsgleichung in verschiedenen Geometrien und unterschiedlichen Randbedingungen zu lösen
- Absorber im Neutronenfeld zu berechnen
- Multiplizierende Medien zu benennen, zu verstehen und zu erklären
- die Eigenwertgleichung eines kritischen Reaktors in verschiedenen Geometrien und unterschiedlichen Randbedingungen zu lösen
- die Alterstheorie nach Fermi zu verstehen und zu erklären
- Reaktivitätskoeffizienten zu benennen, zu verstehen und zu erklären
- Reaktortypen in Wissenschaft und Technik zu benennen und zu erklären

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

Die Lernziele des Moduls werden durch eine frontale Vorlesung mit Tafelanschrieb und mündlicher Kommunikation sowie Powerpoint Präsentationen erreicht. Dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Physik aufgezeigt. Die Vorlesung wird durch wöchentliche Übungen ergänzt, in denen die Studenten (~6-14 Studenten) unter der Aufsicht von Doktoranden der Fakultät Probleme lösen. Sowohl die Vorlesungs- als auch die Übungsunterlagen werden auf Moodle den Studenten zugänglich gemacht. Zur Vertiefung der Materie wird den Studenten ermöglicht, im Rahmen einer Exkursion ein kommerzielles Kernkraftwerk zu besichtigen.

### **Medienform:**

Präsentation, Tafelarbeit. Die Übungsblätter werden eine Woche vor der Übungsstunde verteilt.

### **Literatur:**

- D. Emendörfer & K.H.Höcker: Theorie der Kernreaktoren, B.I. Wissenschaftsverlag, (1982)
- K.H. Beckurts & K.Wirtz: Neutron Physics, Springer, (1964)
- A. Ziegler: Lehrbuch der Reaktortechnik, Springer, (1964)

- S.Glasstone & M.C. Edlund: Kernreaktortheorie, Springer, (1961)

**Modulverantwortliche(r):**

Böni, Peter; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Verfahrenstechnik | Process Technology**

Aus dieser Säule sind Module im Umfang von mindestens 20 Credits zu erbringen.

## Modulbeschreibung

### CH0215: Betrieb und Auslegung chemischer Reaktoren | Operation and Design of Chemical Reactors

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Eine Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur von 90 Minuten Länge erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel ein diesem Fachgebiet zugeordnetes Problem erkannt wird und Wege zu einer Lösung gefunden werden können. Die Prüfungsfragen gehen über den gesamten Vorlesungsstoff. Bei der Beantwortung der Fragen müssen die in der Vorlesung behandelten Prinzipien, Fallunterscheidungen, Systematiken und quantitativen Beschreibungsweisen hinreichend verstanden sein und in begrenzter Zeit angemessen auf die Frageformulierung übertragen werden können. Die Antworten erfordern teils eigene Berechnungen und Formulierungen teils Ankreuzen von vorgegebenen Mehrfachantworten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlegende Kenntnisse in Physikalischer Chemie und Physik, Reaktionskinetik und Reaktionstechnik

#### Inhalt:

Die optimierte Fahrweise industrieller Reaktoren ist für die Reaktionstechnik und -führung (Reaktordesign) im Bio- und Chemieingenieurwesen von sehr großer Bedeutung. Aufbauend auf den beiden TC-Grundvorlesungen Wärme- und Stofftransport bei chemischen Prozessen sowie Reaktionstechnik und Katalyse werden die Grundprinzipien chemischer Reaktionsapparate und die Reaktionsführung bei unterschiedlichen Reaktionstypen erläutert. Am Beispiel industrieller Festbettreaktoren wird im Detail auf die Auslegung und den Betrieb (Stabilitätsverhalten) von

Reaktoren eingegangen. Abgerundet wird die Vorlesung mit Beispielen zu Mehrphasenreaktoren, Wirbelschichtreaktoren und Mikroreaktoren.

Inhalte:

Reaktoreinteilung

Reaktionskinetik

Fluid/Fluid-Reaktionen

Reaktorauswahl bei Zweiphasenreaktionen

Kopplung von Stofftransport und Reaktion

Dreiphasenreaktoren

Gas-Feststoff-Reaktionen

Betrieb Batch und CSTR

Betrieb Festbettreaktoren

Wirbelschichtreaktionstechnik

Mikroreaktionstechnik

**Lernergebnisse:**

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

- wichtige eigenschaftsbestimmende Einflüsse auf das Verhalten chemischer Reaktoren selbstständig zu analysieren und zu bewerten

- komplexere Fragestellungen zum Betrieb und zur Auslegung chemischer Reaktoren zu beantworten

- die richtige Betriebsweise von Reaktoren für industrielle Fragestellungen auszuwählen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit begleitender Übung. Die Inhalte werden im Vortrag und durch Präsentationen vermittelt. Studierende sollen zur inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen und zum Studium weiterführender Literatur angeregt werden. Übungsaufgaben werden koordiniert zum Vorlesungsfortschritt vergeben und nach gegebener Bearbeitungszeit zentral besprochen.

**Medienform:**

Skript, Präsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

Folienskript zur Vorlesung,

Kontrollfragenkatalog,

G.F. Froment und K.B. Bischoff, Chemical Reactor Analysis and Design, 2. Auflage, John Wiley and Sons, New York, 1990.

**Modulverantwortliche(r):**

Hinrichsen, Kai-Olaf Martin; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### CH3094: Industrielle Chemische Prozesse 1 - Katalyse für Energie | Industrial Chemical Processes 1 - Catalysis for Energy

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In diesem Modul erfolgt die Überprüfung der Lernergebnisse über eine Klausur (90 Minuten). Mit der Klausur wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegende Fragestellungen aus dem Bereich des Refinings und der Energieprozesstechnik verstanden und auf verwandte Fragestellungen anwenden können. Die Antworten erfordern das Anfertigen von Skizzen, Berechnungen und Formulierungen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse in Physikalischer Chemie und Physik, CH4114: Reaktionstechnik und Kinetik, CH4110: Grundlagen der Technischen Chemie.

#### Inhalt:

Im Rahmen dieses Moduls werden die chemischen Grundlagen und die ingenieurtechnischen Aspekte der industriellen chemischen Prozesse vermittelt. Dazu zählen die Prozesse des katalytischen Spaltens von Kohlenwasserstoffen (FCC), des Reformierens, des Hydrotreatings (HDS und HDN), der Alkylierung und der Herstellung alternativer Treibstoffe aus Synthesegas.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die chemischen und ingenieurtechnischen Grundlagen der industriellen chemischen Prozesse im Bereich des



Refinings (FCC, Refomieren, HDS, HDN, Alkylierung) und der Energieprozesstechnik (Herstellung alternativer Treibstoffe, Fischer Tropsch, CH<sub>4</sub> Reformieren) zu analysieren und auf verwandte Fragestellungen anzuwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS), einer Übung (1 SWS) und einer, im Rahmen der Übung abzuleistenden, Exkursion in die chemische Industrie. In der Vorlesung werden die Inhalte durch Präsentationen vermittelt und in der Übung die grundlegenden Konzepte der industriellen chemischen Reaktionen mit den Studierenden erarbeitet und zum Studium der Literatur und der inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen angeregt. Die Exkursion verdeutlicht die Durchführung der Reaktionen im industriellen Maßstab und festigt die Lernergebnisse durch Veranschaulichung einzelner Modulinhalte.

**Medienform:**

PowerPoint-Präsentation (die Folien werden den Studierenden als Handouts zur Verfügung gestellt)

**Literatur:**

Technische Chemie, Wiley VCH, M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, K.O. Hinrichsen, R. Palkovits: Technische Chemie G. Emig, E. Klemm; Chemical Process Technology, J. Wiley, Jacob A. Moulijn, Michiel Makkee, Annelies van Diepen; Handbook of Heterogeneous Catalysis, Wiley-VCH, Weinheim, G.Ertl, H. Knözinger, J. Weitkamp, F. Schüth (Eds.):

**Modulverantwortliche(r):**

Lercher, Johannes; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Industrielle Chemische Prozesse I - Refining (LV0244) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Lercher J, Bermejo de Val R, Jentys A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### CH3095: Industrielle Chemische Prozesse 2 - Katalyse für Synthese | Industrial Chemical Processes 2 - Catalysis for Synthesis

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In diesem Modul erfolgt die Überprüfung der Lernergebnisse über eine Klausur (90 Minuten). Mit der Klausur wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegende Fragestellungen aus dem Bereich der industriellen Synthese von anorganischen und organischen Grundchemikalien und Zwischenprodukten verstanden und auf verwandte Fragestellungen anwenden können. Die Antworten erfordern das Anfertigen von Skizzen, Berechnungen und Formulierungen

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Industrielle Chemische Prozesse 1- Refining (CH3094).

#### Inhalt:

Im Rahmen des Modules werden die Herausforderungen, die im Zusammenhang mit der Umwandlung von Biomasse entstehen, gefolgt von der Synthese von anorganischen Grundchemikalien wie Ammoniak, Schwefelsäure und Salpetersäure behandelt. Es werden Verfahren zur Herstellung leichter Olefine und Aromaten (Benzol, Toluol und Xylole), Verfahren im kleineren Maßstab in der chemischen Synthese, wie selektive Oxidation, selektive Hydrierung und chirale Synthese diskutiert. Prozesse für Zwischenprodukte als detaillierte Beispiele einschließlich der Synthese von Acrylsäure, Maleinsäure und Phthalsäure werden ebenso vermittelt. Neuste Entwicklungen wie zum Beispiel neue Metallocenkatalysatoren für die Olefinpolymerisation werden vorgestellt.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die chemischen und ingenieurtechnischen Grundlagen der industriell wichtigsten Prozesse für die Herstellung von anorganischen und organischen Grundchemikalien und Zwischenprodukten durch Kombination der allgemeinen Prozessdarstellung mit spezifischen Informationen zu den verwendeten Katalysatoren (heterogen und homogen) und den Betriebsbedingungen zu analysieren und auf verwandte Fragestellungen anzuwenden.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (1 SWS). In der Vorlesung werden die Inhalte durch Präsentationen vermittelt und in der Übung die grundlegenden Konzepte der industriellen chemischen Reaktionen mit den Studierenden erarbeitet und zum Studium der Literatur und der inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen angeregt.

### **Medienform:**

Ein gedrucktes Handout / Skript wird den Studierenden vor Beginn des Semesters übergeben. PowerPoint-Folien sind als Präsentationsmethode gewählt und die Tafel wird für weitere zusätzliche Erklärungen verwendet, falls diese benötigt werden.

### **Literatur:**

Twigg, M. V.: Catalyst Handbook, CRC Press 1989. Arpe, H.-J.: Industrial Organic Chemistry, Wiley-VCH 2010. Moulijn, J. A., Makkee, M., van Diepen, A.: Chemical Process Technology, Wiley-VCH 2001. Cornils, B., Herrmann, W. A., Wong, C.-H., Zanthoff, H.-W.: Catalysis from A to Z, Wiley-VCH 2013. van Santen, R. A., Neurock, M.: Molecular Heterogeneous Catalysis, Wiley-VCH 2006. Baerns, M., Behr, A., Brehm, A., Gmehling, J., Hofmann, H., Onken, U., Renken, A.: Technische Chemie, Wiley-VCH 2006. Jess, A., Wasserscheid, P.: Chemical Technology, Wiley-VCH 2013. Omae, I.: Applications of Organometallic Compounds, Wiley-VCH 1998. Togni, A., Halterman, R. L.: Metallocenes: Synthesis Reactivity Applications, Wiley-VCH 1998. Wasserscheid, P., Welton, T.: Ionic Liquids in Synthesis, Wiley-VCH 2007. Fehrmann, R., Riisager, A., Haumann, M.: Supported Ionic Liquids: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH 2014.

### **Modulverantwortliche(r):**

Barath, Eszter; Ph.D.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### CS0003: Production of alternative fuels | Production of alternative fuels

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer mündlichen Prüfung erbracht, die aus zwei Teilen besteht: (a) 30 Minuten Vorbereitung durch Bearbeitung einer schriftlichen Problemstellung (b) 30 Minuten mündliche Prüfung, in der zu Beginn die Ergebnisse aus der Vorbereitung vorgestellt werden. Mittels der ausgeteilten Problemstellung wird geprüft, ob die Studierenden in der Lage sind, industrielle Prozesse zur Herstellung von alternativen Kraftstoffen zu verstehen, zu verbessern und zu bewerten. Keine Hilfsmittel. Prüfungsdauer insgesamt: 60 Minuten

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Chemische Prozesstechnik (WZ1617) oder vergleichbar

#### Inhalt:

Anforderungen an Kraftstoffe, Verknüpfung energetische und chemische Wertschöpfungskette, Fossile Kraftstoffherstellung als Referenz, Bilanzungen und Bewertung (Well-to-Wheel), Wasserstoff und Methanolwirtschaft, Alternative Kraftstoffe auf C1-Basis, FT-Kraftstoffe, OME, Bio-basierte Ölkraftstoffe, Biodiesel, Greendiesel, HEFA, Bio-basierte Alkohole

#### Lernergebnisse:

Das Modul zielt darauf ab, die Studierenden mit den industriellen Prozessen zur Herstellung von nicht fossilen Kraftstoffen vertraut zu machen. Sie werden befähigt, die Prozesse stofflich und energetisch zu bilanzieren, sowie bezüglich Nachhaltigkeit zu bewerten sowie und deren Grenzen

bezüglich Rohstoffverfügbarkeit, energetischen Wirkungsgraden und Marktkontabilität zu erfassen. Die Studierenden verstehen die Zusammenhänge zwischen Kraftstoff- und Energiemarkt.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus Vorlesungen und Übungen. Die Inhalte der Vorlesung werden im Vortrag und durch Präsentationen vermittelt. Studierende werden zur Vertiefung zum Studium der Literatur und der inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen angeregt. In den Übungen werden die gelernten Inhalte direkt praxisnah anhand von Rechenbeispielen angewandt.

**Medienform:**

Vorlesungsmitschrieb, Beiblätter, Übungsaufgaben

**Literatur:**

- Jacob A. Moulijn, Michiel Makkee, Annelies E. van Diepen: Chemical Process Technology, Wiley (2013).
- George Olah et al.: Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy, Wiley VCH (2006)
- Volker Schindler: Kraftstoffe für morgen: Eine Analyse von Zusammenhängen und Handlungsoptionen, Springer (1997)
- Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer: Energie aus Biomasse; Grundlagen, Techniken und Verfahren, Springer Vieweg (2016)
- Jochen Lehmann, Thomas Luschtinetz: Wasserstoff und Brennstoffzellen, Springer (2014)

**Modulverantwortliche(r):**

Burger, Jakob; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Production of alternative fuels (Lecture, Straubing) (Vorlesung, 2 SWS)

Burger J [L], Burger J, Tönges Y

Production of alternative fuels (Lecture, Garching) (Vorlesung, 2 SWS)

Burger J [L], Burger J, Tönges Y

Production of alternative fuels (Tutorial, Garching) (Übung, 2 SWS)

Burger J [L], Burger J, Tönges Y

Production of alternative fuels (Tutorial, Straubing) (Übung, 2 SWS)

Burger J [L], Burger J, Tönges Y

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0018: Bioprozesse | Bioprocesses

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die angestrebten Lernergebnisse werden durch Verständnisfragen und Rechenaufgaben schriftlich überprüft (zugelassenes Hilfsmittel: Taschenrechner). Die Prüfungsdauer beträgt 90 Minuten. Kreditpunkte werden für das erfolgreiche Ablegen der Modulprüfung vergeben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind Kenntnisse der Grundlagen der Bioverfahrenstechnik.

#### Inhalt:

Diese Lehrveranstaltung gibt einen Überblick über die technische Nutzung biologischer Stoffumwandlungen anhand konkreter Prozessbeispiele. Schwerpunkte sind industrielle biologische Verfahren zur Gewinnung von Wertstoffen. Wesentliche Inhalte sind:  
 Bioprocessentwicklung    Umweltbiotechnologie    Verfahren zur Herstellung von Grundchemikalien  
 Herstellung von Feinchemikalien    Proteinherstellung mit Mikroorganismen und mit Gewebezellen  
 Ökonomie biotechnologischer Produktionsprozesse.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an dieser Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Entwicklung von Bioprocessen und biotechnologische Produktionsverfahren in der industriellen Anwendung zu verstehen und zu bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden in der Vorlesung (2 SWS) mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen (1 SWS) vertieft. Die Beiträge industrieller Dozenten werden im Anschluss an den Vortrag jeweils intensiv diskutiert.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden regelmäßig verteilt und in der Regel werden die Musterlösungen eine Woche später ausgegeben und mit den Studierenden diskutiert.

**Literatur:**

Es ist kein Lehrbuch zu allen Inhalten dieses Moduls verfügbar. Als Einführung empfiehlt sich: Horst Chmiehl: Bioprozesstechnik. Elsevier GmbH, München.

**Modulverantwortliche(r):**

Weuster-Botz, Dirk; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Bioprozesse (MW0018) (Vorlesung, 3 SWS)

Weuster-Botz D [L], Weuster-Botz D, Benner P, Rückel A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0019: Bioreaktoren | Bioreaction Engineering

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die angestrebten Lernergebnisse werden in Form einer 90-minütigen Klausur durch Verständnisfragen und durch Rechenaufgaben zu biologischen Stoffumwandlungen überprüft (zugelassenes Hilfsmittel: Taschenrechner). Eine schriftliche Prüfung wird durchgeführt, um die große Anzahl an Studierenden unter gleichen Rahmenbedingungen prüfen zu können. Zusätzlich hierzu ist die Durchführung von Rechenaufgaben im Rahmen einer Klausur vorteilhaft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind Kenntnisse der Grundlagen der Bioverfahrenstechnik.

#### Inhalt:

Diese Lehrveranstaltung soll die ingenieurwissenschaftliche Beschreibung biologischer Stoffumwandlungen (Wachstum, Substrataufnahme und Produktbildung von Mikroorganismen und Zellen) in technischen Systemen vertiefen. Wesentliche Inhalte sind: Modellbioreaktoren (Rührkessel und Strömungsrohr) - Formalkinetische Modelle biologischer Reaktionen - Biologische Reaktionen in Modellbioreaktoren (stationär) - Dynamisches Verhalten von Modellbioreaktoren - Abschätzung biologischer Modellparameter - Stoffflussanalyse - Messung biologischer Modellparameter - Strukturierte kinetische Modelle biologischer Reaktionen - Rührkesselreaktoren - Blasensäulen - Festbett-/Fließbettreaktoren.



**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, biologische Reaktionen in Modellbioreaktoren (Wachstum, Substrataufnahme und Produktbildung von Mikroorganismen und Zellen) kinetisch zu analysieren und Prozessverläufe zu bewerten. Darüberhinaus sind die Studierenden in der Lage, das Verhalten der wichtigsten Bioreaktoren im industriellen Maßstab zu verstehen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Themen der Vorlesung werden im Vortrag mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen theoretisch behandelt und die wesentlichen Aspekte werden wiederholt aufgegriffen und in den (zeitlich daran anschließenden) Übungen vertieft. Die Studierenden erhalten hierzu Übungsaufgaben, die in der Regel 1 Woche später vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle der eigenständigen Analyse und Bewertung biologischer Stoffumwandlungsprozesse.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden regelmäßig verteilt und in der Regel werden die Musterlösungen eine Woche später ausgegeben und mit den Studierenden diskutiert.

**Literatur:**

Es ist aktuell kein Lehrbuch zu allen Inhalten dieses Moduls verfügbar. Als Einführung empfiehlt sich: Horst Chmiehl: Bioprozesstechnik. Elsevier GmbH, München.

**Modulverantwortliche(r):**

Weuster-Botz, Dirk; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Bioreaktoren (MW 0019) (Vorlesung, 3 SWS)

Weuster-Botz D [L], Weuster-Botz D, Schoppel K

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0129: Thermische Verfahrenstechnik 2 | Thermal Separation Principles 2 [TVT II]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2017

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die vermittelten prozesstechnischen Grundlagen werden in der 90-minütigen Klausur durch Kurzfragen (Verständnisfragen) zu ausgewählten Lernergebnissen überprüft. Durch umfangreiche Rechenaufgaben wird außerdem überprüft, ob die Theorie anhand von praktischen Beispielen zu den thermischen Verfahren und den dafür eingesetzten Apparaten angewendet werden kann. Zugelassene Hilfsmittel sind Skripten, Vorlesungsunterlagen, eigene Mitschriften, Formelsammlungen, Bücher und nicht programmierbare Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MW0128: Thermische Verfahrenstechnik I

#### Inhalt:

Dieses Modul soll die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen von thermischen Trennprozessen aufbauend auf dem Modul Thermische Verfahrenstechnik I vertiefen und erweitern. Wesentliche Inhalte dabei sind: Absorption und Desorption - Verdampfung - Kristallisation - Trocknung - Extraktion - Adsorption.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die thermischen Verfahren Absorption und Desorption, Verdampfung, Kristallisation, Trocknung, Extraktion und Adsorption hinsichtlich der entscheidenden Prozessparameter auszulegen und zu bewerten. Darüber

hinaus sind die Studierenden in der Lage, die Grundprinzipien, also die thermodynamischen Auslegungskriterien der wichtigsten in der thermischen Prozesstechnik und im industriellen Maßstab eingesetzten Apparate, wie z.B. Kolonnen, Verdampfer, Trockner und Kristallisator, zu verstehen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden in der Vorlesung (2 SWS) mit Hilfe von PowerPoint-Präsentationen und Tablet-PC theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen (1 SWS) vertieft. Die Studierenden erhalten hierzu im Voraus Übungsaufgaben, die in der Übung vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle der Kenntnisse zu den erlernten thermischen Verfahren und Grundprinzipien, sowie der dafür eingesetzten Apparate. Die zum Download zur Verfügung gestellten Excel Sheets ermöglichen den Studierenden, prozesstechnische Zusammenhänge eigenständig zu analysieren und bewerten, wodurch sich ein vertieftes verfahrenstechnisches Verständnis entwickelt.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung und Übung verwendeten Skripte werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Den Studierenden werden Excelsheets zum Download zur Verfügung gestellt, mit denen der Vorlesungsstoff und die Übungsbeispiele selbstständig weiter vertieft werden können. Die Lehrinhalte werden in PowerPoint-Präsentationen und mittels Tablet-PC vermittelt. In der Übung werden zusätzlich noch Overhead-Folien eingesetzt.

**Literatur:**

Als Einführung empfiehlt sich: "Thermodynamik I" und "Thermodynamik II" von Stephan/Mayingner (Springer) und "Thermische Verfahrenstechnik" von Mersmann/Kind/Stichlmair (Springer). Vorlesungsbegleitend wird das Vorlesungsskript "Thermische Verfahrenstechnik I" benötigt.

**Modulverantwortliche(r):**

Klein, Harald; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Thermische Verfahrenstechnik 2 (Vorlesung, 2 SWS)

Klein H ( Schönfeld L )

Thermische Verfahrenstechnik 2 - Übung (Übung, 1 SWS)

Klein H ( Schönfeld L )

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0376: Biofluid Mechanics | Biofluid Mechanics

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In der schriftlichen Klausur (90 min) am Ende des Semesters werden ausgewählte Inhalte des Kurses geprüft.

Als Hilfsmittel zugelassen ist ein selbst per Hand geschriebenes A4-Blatt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Der Kurs zielt auf die Anwendung von Fluidmechanik auf das Erstellen von biologischen Systemen. Das ist von besonderer Bedeutung für die medizinische Forschungsgemeinschaft, weil die fluidmechanische Umgebung stark eingebunden ist in das Fortschreiten und die Entwicklung von vielen Krankheiten, zum Beispiel Arterienverkalkung. Der Kurs möchte die mathematischen und Computertechniken vermitteln, die auf den Gebieten des Blutflusses in den menschlichen Blutgefäßen und der Luftstömung in den Lungen verwendet werden. Zusätzlich werden relevante biologische Vorgänge und damit zusammenhängende Krankheiten ebenso diskutiert und auf fluidmechanische Beobachtungen zurückgeführt.

#### Lernergebnisse:

Erfolgreiche Teilnehmer werden ein Verständnis davon gewinnen wie Sie fluidmechanische Prinzipien anwenden können, um biologische Vorgänge abzubilden. Insbesondere werden nützliche mathematische Lösungen vorgestellt, um fluidmechanische Vorgänge im Körper zu

verstehen und auch in komplexeren numerischen Simulationen angewendet werden können. Somit sind die Kursunterlagen eine nützliche Quelle für zukünftige Aktivitäten auf diesem Gebiet. Zusätzlich werden die Studenten die Fähigkeit gewinnen, fluidmechanische Phänomene biologisch zu erklären.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung wird mithilfe eines Tablet PCs gegeben, auf welchem Informationen wie z.B. Ableitungen und Beispiellösungen aufgeschrieben werden. Der Student kann die Lücken in seinem Vorlesungsskript ausfüllen. Nach der Vorlesung werden die geschriebenen Folien vom Tablet PC an die Studenten versandt.

**Medienform:**

Präsentation mit Tablet PC, Vorlesungsskript

**Literatur:**

McDonald's Blood Flow in Arteries, Theoretical, Experimental and Clinical Principles, Nichols and O'Rourke, 2005

**Modulverantwortliche(r):**

Hu, Xiangyu; Dr.-Ing. habil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Lecture Biofluid Mechanics, LV-Nr. 820818994

Exercises on Biofluid Mechanics (MW 0376), LV-Nr. 820818995

PD Dr.-Ing. habil. Xiangyu Hu

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW0437: Prozess- und Anlagentechnik | Process and Plant Engineering [PAT]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die 90-minütige Klausur untergliedert sich in zwei Teile. Im ersten 30-minütigen Teil werden die vermittelten prozess- und anlagentechnischen Grundlagen durch Kurzfragen (Verständnisfragen) zu ausgewählten Lernergebnissen überprüft. Im ersten Prüfungsteil sind keine Hilfsmittel zugelassen. Im zweiten 60-minütigen Teil der Klausur wird durch umfangreiche Rechenaufgaben außerdem überprüft, ob die Theorie anhand von praktischen Beispielen aus der anlagentechnischen Praxis angewendet werden kann. Zugelassene Hilfsmittel im zweiten Prüfungsteil sind Skripten, Vorlesungsunterlagen, eigene Mitschriften, Formelsammlungen, Bücher und nicht programmierbare Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse der thermischen und der chemischen Verfahrenstechnik sowie der Fluidmechanik und der Werkstoffkunde.

#### Inhalt:

Dieses Modul baut auf die Einführung in die Prozess- und Anlagentechnik auf und soll weiterführende Informationen zu dieser Thematik vermitteln. Die Studierenden sollen ingenieurmäßige Methoden zur Auslegung und zum Bau von verfahrenstechnischen Produktionsanlagen erlernen. Anhand eines ausgewählten Beispiels eines großtechnischen petrochemischen Prozesses (Methanolerzeugung aus Erdgas basierend auf den Prozessschritten Synthesegaserzeugung, Methanolsynthese, Methanolrektifikation) werden alle relevanten

Aspekte verfahrenstechnischer Produktionsanlagen behandelt: kurze Wiederholung zu verfahrenstechnischen Fließbildern und zur Mess- und Regelungstechnik, Werkstoffauswahl für verfahrenstechnische Produktionsanlagen, Grundtypen von verfahrenstechnischen Apparaten und deren Auslegung, Grundtypen von prozesstechnischen Maschinen (Kreisel- und Verdrängerpumpen), Auslegung und Gestaltung von Rohrleitungen, Wirtschaftlichkeitsrechnung, Pinch Analyse und Wärmeintegration.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, verfahrenstechnische Produktionsanlagen zu verstehen und ingenieurwissenschaftliche Auslegungsmethoden gezielt anzuwenden. Außerdem können die Studierenden einfache verfahrenstechnische Anlagen analysieren sowie bewerten und daraus Schlussfolgerungen für andere verfahrenstechnische Produktionsprozesse und -anlagen ziehen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden in der Vorlesung mit Hilfe von PowerPoint-Präsentationen und Tablet-PC theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen vertieft. Die Studierenden erhalten hierzu im Voraus Übungsaufgaben, die in der Übung vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle. Die zum Download zur Verfügung gestellten Excelsheets ermöglichen den Studierenden, thermodynamische und prozesstechnische Zusammenhänge eigenständig zu analysieren und bewerten, wodurch sich ein vertieftes Verständnis entwickelt.

### **Medienform:**

Das in der Vorlesung verwendete Skript wird den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Die Unterlagen zur Übung werden in geeigneter Form zur Verfügung gestellt. Die Übungsaufgaben werden in der Übung vorgerechnet und diskutiert. Den Studierenden werden Excelsheets zum Download zur Verfügung gestellt, mit denen der Vorlesungsstoff und die Übungsbeispiele selbstständig weiter vertieft werden können. Die Lehrinhalte werden in PowerPoint-Präsentationen und mittels Tablet-PC vermittelt.

### **Literatur:**

Als Einführung wird folgende Literatur empfohlen: "Planung und Bau verfahrenstechnischer Anlagen" von Gerhard Bernecker (Springer Verlag, 4. Auflage 2001); "Verfahrenstechnische Anlagen" (Band 1 und 2) von Klaus Sattler und Werner Kasper (Wiley-VCH, 1. Auflage 2001); "Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau" von Hans Günther Hirschberg (Springer Verlag, 1. Auflage 1999); "Chemietechnik" von E. Ignatowitz (Europa-Lehrmittel, 10. Auflage 2011); "Plant Design and Economics for Chemical Engineers" von Max Peters, Klaus Timmerhaus und Ronald West (McGraw-Hill, 5. Auflage 2004); "Product and Process Design Principles" von Warren D. Seider, J. D. Seader, Daniel R. Lewin und Soemantri Widagdo (Wiley-Verlag, 3. Auflage 2008)

### **Modulverantwortliche(r):**

Klein, Harald; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Vorlesung - Prozess- und Anlagentechnik

Übung - Prozess- und Anlagentechnik

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW1141: Modellierung zellulärer Systeme | Modelling of Cellular Systems [ModSys]

*Grundlagen der Modellierung*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2015

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur erbracht. Sie besteht aus Kurzfragen und Rechenaufgaben. Es wird geprüft in wieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte der mathematischen Modellierung und Modellanalyse bei zellulären (biologischen) Systemen verstehen und anwenden können. Es ist eine schriftliche Klausur mit einer Prüfungsdauer von 90 Minuten vorgesehen. Die Klausur wird in jedem Semester angeboten (im WS zeitnah am Beginn). Es sind keine Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind mathematische Kenntnisse, wie sie in Bachelorstudiengängen an wissenschaftlichen Hochschulen vermittelt werden.

#### Inhalt:

Das Modul soll die Grundlagen der mathematischen Modellierung, der Analyse und der Simulation von zellulären Systemen vermitteln und vertiefen. Zu den wichtigen Prozessen gehören die Enzym-katalysierten Reaktionen, die Polymerisation von Makromolekülen und die zelluläre Signalübertragung.

Wesentliche Inhalte sind:

- Graphentheoretische Analysen,
- Aufstellen von Bilanzgleichungen für konzentrierte und verteilte Systeme,

- Analyse stöchiometrischer Netzwerke,
- Thermodynamik zellulärer Prozesse,
- Reaktionskinetiken (Enzyme, Polymerisationsprozesse, Signalübertragung),
- Stochastische Systeme

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden mit den biologischen und theoretischen Grundlagen von zellulären Systemen vertraut und in der Lage, Bilanzgleichungen für komplexe zelluläre Netzwerke zu erstellen und zu analysieren. Anhand der Modelle sind die Studierenden in der Lage das Verhalten der Netzwerke durch Simulation vorherzusagen und den gesamten biotechnologischen Prozess zu bewerten (zeitliches Verhalten, Produktausbeuten).

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden mathematische Ableitungen und Zusammenhänge an der Tafel mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen aufgezeigt. Wesentliche Aspekte werden dann wiederholt aufgegriffen und in den Übungen vertieft. Die Übungen sollen zum Teil am Rechner/Laptop durchgeführt werden, um komplexere Aufgaben, wie mathematische Modellierungen und/oder Simulationen bearbeiten zu können. Die Lösungsstrategien werden dann gemeinsam mit den Studenten besprochen, um ein vertieftes Verständnis von zellulären Systemen zu entwickeln.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden rechtzeitig verteilt und die Musterlösungen mit den Studierenden diskutiert.

**Literatur:**

Zur Verfügung stehen englischsprachige Lehrbücher, die Teilaspekte des genannten Stoffes abbilden. Zu nennen sind: Nielsen, Villadsen, Liden: Bioreaction Engineering Principles (Kluwer Academic Press, 2003), B. O. Palsson: Systems Biology: Properties of Reconstructed Networks (Cambridge University Press, 2006), Kremling: Systems Biology (CRC Press).

**Modulverantwortliche(r):**

Kremling, Andreas; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Vorlesung, Modellierung zellulärer Systeme, 2SWS

Übung, Modellierung zellulärer Systeme, 2SWS

Andreas Kremling (a.kremling@tum.de )

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1145: Bioproduktaufarbeitung 1 | Bioseparation Engineering 1 [BSE1]

#### *Bioproduktaufarbeitung 1*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2014

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### **Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:**

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur erbracht. Die angestrebten Lernergebnisse werden durch Verständnisfragen zu ausgewählten Inhalten des Moduls überprüft. Durch umfangreiche Rechenaufgaben wird außerdem überprüft, ob die Theorie zu verfahrenstechnischen Schritten auf praktische Beispiele aus der Bioproduktverarbeitung, auf adsorptive Prozesse und Extraktionsverfahren angewendet werden kann. Es ist eine schriftliche Klausur mit einer Prüfungsdauer von 90 Minuten vorgesehen. Zugelassenes Hilfsmittel: Taschenrechner.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

#### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind Kenntnisse der Grundlagen der (Bio-)verfahrenstechnik

#### **Inhalt:**

Nach einem kurzen Überblick der einzelnen verfahrenstechnischen Schritte bei der Bioproduktaufarbeitung (nieder- und hochmolekulare Substanzen) wird in diesem Modul der Fokus auf die ingenieurwissenschaftliche Beschreibung von adsorptiven Prozessen und Extraktionsverfahren in der Bioprozesstechnik gelegt.

Wesentliche Inhalte sind:

- Zellaufschluss

- Zentrifugation
- Grundlagen der Adsorption
- Charakteristika von verschiedenen Adsorbentien
- Auslegung von Chromatographieranlagen
- Simulated Moving Bed
- Expanded Bed Adsorption
- Hochgradienten-Magnetseparation
- wässrige Extraktion
- Extraktion mit ionischen Flüssigkeiten
- Kostenermittlung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, chromatographische und extraktive Prozesse der Bioproduktaufarbeitung mittels klassischer und moderner Methoden zu analysieren und zu bewerten. Zusätzlich sind sie in der Lage diese mit weiteren Verfahrensschritten wie Zellaufschluss, Zentrifugation oder wässriger Extraktion zu kombinieren und als kompletten Prozess zu analysieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte dieses Moduls werden in der Vorlesung (2 SWS) mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen (1 SWS) vertieft. Die Studierenden erhalten hierzu Übungsaufgaben, die in der Regel 1 Woche später vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle der eigenständigen Analyse und Bewertung von adsorptiven Prozessen und Extraktionsverfahren.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden regelmäßig verteilt und in der Regel werden die Musterlösungen eine Woche später ausgegeben und mit den Studierenden diskutiert.

**Literatur:**

Ladisch, Michael R.: Bioseparations Engineering, 2001, ISBN-13: 978-0-471-24476-John Wiley & Sons

Harrison, Todd, Rudge and Petrides: Bioseparations Science and Engineering, ISBN 978-0-195-12340

**Modulverantwortliche(r):**

Berensmeier, Sonja; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1146: Bioproduktaufarbeitung 2 | Bioseparation Engineering 2 [BSE2]

*Membranverfahren + Kristallisation/Fällung*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### **Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:**

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur erbracht. Die angestrebten Lernergebnisse werden durch Verständnisfragen zu ausgewählten Inhalten des Moduls überprüft. Durch umfangreiche Rechenaufgaben wird außerdem überprüft, ob die Theorie zu verfahrenstechnischen Schritten auf praktische Beispiele aus der Bioproduktverarbeitung, dem Membranverfahren und der Kristallisation/Fällung angewendet werden kann. Es ist eine schriftliche Klausur mit einer Prüfungsdauer von 90 Minuten vorgesehen. Zugelassenes Hilfsmittel: Taschenrechner.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

#### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind Kenntnisse der Grundlagen der Bioverfahrenstechnik und die Vorlesung 'Bioproduktaufarbeitung 1' ist empfehlenswert.

#### **Inhalt:**

Nach einem kurzen Überblick der einzelnen verfahrenstechnischen Schritte bei der Bioproduktaufarbeitung (Nieder- und hochmolekulare Substanzen) wird in diesem Modul der Fokus auf die ingenieurwissenschaftliche Beschreibung von Membranverfahren und Kristallisation/Fällung in technischen Prozessen gelegt.

Wesentliche Inhalte sind:

- Bilanzierung und Modellierung des Stoffaustauschs an Membranen

- Modulkonstruktion
- Membranreaktoren
- Kristallisation/Fällung von Makromolekülen
- Anlagenentwurf
- Kostenermittlung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, den Einsatz von Membran- und Kristallisationsverfahren für die Aufarbeitung von Biomolekülen zu bewerten. Zudem können die Studierenden Datensätze durch Modellierungswerkzeuge analysieren. Darüberhinaus sind sie in der Lage geeignete Membranen und Kristallisationsansätze für verschiedene biotechnologische Herausforderungen auszuwählen und im technischen Maßstab anzuwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden in der Vorlesung (2 SWS) mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen (1 SWS) vertieft. Die Studierenden erhalten hierzu Übungsaufgaben, die rechnerbasiert aufgearbeitet werden und in der Regel 1 Woche später vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle der eigenständigen Analyse und Bewertung verfahrenstechnischer Schritte bei der Bioproduktaufarbeitung.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden regelmäßig verteilt und in der Regel werden die Musterlösungen eine Woche später ausgegeben und mit den Studierenden diskutiert.

**Literatur:**

Ladisch, Michael R.: Bioseparations Engineering, 2001, ISBN-13: 978-0-471-24476-9 - John Wiley & Sons  
Melin, T. und Rautenbach, R.: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, 2007, ISBN: 978-3-540-34327-1 - VDI

**Modulverantwortliche(r):**

Berensmeier, Sonja; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Bioproduktaufarbeitung II (Übung) (Übung, 1 SWS)  
Berensmeier S, Tesanovic M, Wittmann L

Bioproduktaufarbeitung II (Vorlesung) (MW 1146) (Vorlesung, 2 SWS)  
Berensmeier S, Tesanovic M, Wittmann L

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1147: Auslegung thermischer Apparate | Equipment Design [ATA]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die vermittelten Grundlagen zur Apparateauslegung werden durch Kurzfragen (Verständnisfragen) zu ausgewählten Inhalten des Moduls überprüft (Klausur, 90 min). Durch umfangreiche Rechenaufgaben wird außerdem ermittelt, ob die Theorie anhand von konkreten Beispielen auch praktisch angewendet werden kann (zugelassene Hilfsmittel: alle, außer programmierbare Taschenrechner, Notebook und Laptop).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzungen für die erfolgreiche Teilnahme sind Kenntnisse der thermischen Verfahrenstechnik, der Wärme- und Stoffübertragung sowie die Grundlagen der Fluidmechanik.

#### Inhalt:

Diese Lehrveranstaltung vermittelt die Grundlagen der ingenieurwissenschaftlichen Auslegung und die Anwendungsgebiete von wichtigen Apparaten der thermischen Verfahrenstechnik. Ausgangspunkt dafür sind die Grundlagen der Einphasen- und der Mehrphasenströmung, die auch exemplarisch an Apparaten wie Fallfilmverdampfern oder Abscheidern angewendet werden. Die hier erläuterten Prinzipien finden wiederum Verwendung bei der Auslegung von komplizierteren Apparaten wie Boden- und Packungskolonnen, Wärmeübertragern und Naturumlaufverdampfern. Kapitelübersicht: Grundlagen der Einphasenströmung; Grundlagen der Mehrphasenströmung; Gestaltung und Dimensionierung von Bodenkolonnen; Gestaltung und Dimensionierung von Packungskolonnen; Wärmeübertrager; Naturumlaufverdampfer.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Grundlagen der Ein- und Mehrphasenströmung zu verstehen und bei der ingenieurwissenschaftlichen Auslegung von Apparaten der thermischen Verfahrenstechnik gezielt anzuwenden. Außerdem können die Studierenden Anwendungsfälle von thermischen Apparaten analysieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden in der Vorlesung (2 SWS) mit Hilfe von Herleitungen an der Tafel, Overhead-Folien sowie Powerpoint-Präsentationen theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und in den Übungen (1 SWS) vertieft. Die Studierenden erhalten hierzu Übungsaufgaben, die in der Regel eine Woche später vorgerechnet und diskutiert werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle.

**Medienform:**

Das in der Vorlesung verwendete Skript wird den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht. Übungsaufgaben werden regelmäßig vorab verteilt, und in der Regel werden die Musterlösungen eine Woche später ausgegeben und mit den Studierenden diskutiert. Zusätzlich werden anhand von kleineren Übungsbeispielen die Vorlesungsinhalte zusammengefasst und vertieft.

**Literatur:**

"VDI Wärmeatlas", 10. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2006; Mersmann, A; Kind, M., Stichlmair, J.: Thermische Verfahrenstechnik, Springer Verlag, Berlin 2005; Perry, H. R.; Chilton, C. H.: Perry's Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill, New York, 7. Auflage, 1997; Stichlmair, J.: Grundlagen der Dimensionierung des Gas/Flüssigkeit-Kontaktapparates Bodenkolonne, Verlag Chemie, Weinheim 1978

**Modulverantwortliche(r):**

Klein, Harald; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW1969: Desalination | Desalination

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The theoretical knowlegde gained in the lecture is to be practically applied in exercise lessons by means of case studies. The exercises course also includes a laboratory course in which students carry out experiments with lab-scale desalination plants.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Physics, Thermodynamics and Heat and Mass Transfer.

#### Inhalt:

Potable water is one of the most valuable ressources we have on our earth. The "blue gold" is essential for any life. Potable water ressources are limited and water scarcity is a big challenge in many parts of the world already today and will become even more urgent in the future. Water desalination is one of the main technological answers to this challenge. Today, 80 Million Cubicmeter per day of Desalination Capacity is installed worldwide, showing exponential growth. This lecture wants to provide students with both basic theoretical and practical tools to be able to cope with engineering solutions to overcome the future lack of potable water. The focus will be on the thermodynamic and chemical properties of seawater, the wide range of different desalination technologies with a major on distillation and membrane processes, renewable energy and transient power supply in desalination, large and small scale applications and finally also on desalination-driven environmental aspects.

**Lernergebnisse:**

Having successfully passed the Desalination lecture the young engineers are able to understand, design and optimize desalination plants on their own. Furthermore they are sensitized for future technological challenges in desalination e.g. transient power supply for membrane processes. A deep understanding of the advantages and disadvantages of different desalination principles empower them not only to make viable decisions during plant design and construction but also to use their knowledge to further develop existing ideas. The students are prepared for solving engineering problems about potable water issues with a strong focus on desalination.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In the lecture, the subject matter is explained in an oral presentation. The exercises include both presentation and experimental investigations of the students themselves. The exercises put the main focus on deepening the understanding of the theoretical aspects taught in the lecture. Difficulties will be explained in detail and problems of understanding will be solved. The exercises are not obligatory but highly recommended also in view of the exam.

**Medienform:**

Oral presentations, Tablet-PC support, lab-scale desalination plants (solar stills) in laboratory courses, exercises as preparation for the final exam.

**Literatur:**

Lecture notes and transcript incl. references.

**Modulverantwortliche(r):**

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Tutorial Desalination (MW1969) (Übung, 1 SWS)  
Sattelmayer T [L], Spinnler M, Heithorst B

Desalination (MW1969) (Vorlesung, 2 SWS)  
Sattelmayer T [L], Spinnler M, Heithorst B

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1977: Planung thermischer Prozesse | Process Design [PTP]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2012/13

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die vermittelten Grundlagen der konzeptuellen Prozesssynthese werden durch eine schriftliche Klausur (Dauer: 60 Minuten) überprüft. Anhand der Prozessentwicklung von konkreten Beispielen wird überprüft, ob die im Modul vermittelten Methoden zur Prozesssynthese verstanden und richtig angewendet werden. In der Prüfung sind keine Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse der thermischen Verfahrenstechnik.

#### Inhalt:

Zielsetzung des Moduls ist die Vermittlung von Methoden und Strategien zur Entwicklung von Produktionsprozessen der chemischen, der petrochemischen und der pharmazeutischen Industrie. Diese Produktionsprozesse bestehen meist aus einer Vielzahl von einzelnen Prozessschritten, die als Unit Operations bezeichnet werden. Hierzu zählen z.B. die Reaktion und die thermischen Trennoperationen Rektifikation, Absorption, Verdampfung, Extraktion, Trocknen usw.. Schwerpunkt der Vorlesung ist die wissensbasierte Synthese von Gesamtprozessen, die wegen prozessinterner Stoffströme sehr komplex sein können. Die Leistungsfähigkeit der Methoden zur konzeptuellen Prozesssynthese wird anhand vieler industrieller Prozessbeispiele demonstriert. Hierzu zählen Prozesse zur Zerlegung binärer und ternärer Flüssigkeitsgemische. Besonders komplex sind die Prozesse zur Zerlegung sogenannter azeotroper Gemische. Weiters werden Prozesse der Batch- und der Reaktivdestillation behandelt. Außerdem werden Strategien für die Entwicklung

von Regelkonfigurationen, der Energiebedarf derartiger Prozesse und der optimale prozessinterne Wärmeverbund präsentiert.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Grundlagen der konzeptuellen Prozesssynthese zu verstehen und bei der Entwicklung von verfahrenstechnischen Prozessen gezielt anzuwenden. Bestehende Prozesse können analysiert und hinsichtlich Energiebedarf und Prozessführung bewertet werden. Außerdem können die Studierenden Methoden zur Entwicklung von Regelkonfigurationen und zur Optimierung des prozessinternen Wärmeverbunds anwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden als virtuelle Vorlesung zur Verfügung gestellt. Zusätzlich gibt es ein Skript mit den in der Vorlesung erarbeiteten Ergebnissen. Die virtuelle Vorlesung ist so aufgebaut, dass sie am Stück angeschaut werden kann aber auch einzelne Punkte gezielt angewählt werden können. Die Studierenden erhalten außerdem ein Übungsheft mit Aufgaben. Die dazu erarbeiteten Lösungen werden ebenfalls online durch gezielte Fragestellungen überprüft. Dies ermöglicht den Studierenden eine Selbstkontrolle. Neben einer Einführung als Präsenzveranstaltung sind auch vereinzelt Termine im Hörsaal zur Fragestellung und zum Austausch der Studierenden untereinander vorgesehen.

**Medienform:**

Die Vorlesung ist nach Anmeldung in Form einer virtuellen Vorlesung über das Internet abrufbar. Dabei kann die Vorlesung zu jedem beliebigen Zeitpunkt teilweise oder am Stück mit einem internetfähigen Rechner angeschaut werden. Zudem wird ein Skript (pdf-Datei) als Download zur Verfügung gestellt. Ein Übungsheft mit Aufgaben ermöglicht den Studierenden eine Selbstüberprüfung. Anhand von gezielten Fragestellungen kann im Übungsteil des virtuellen Angebots die Richtigkeit der erarbeiteten Lösung überprüft werden.

**Literatur:**

A. Mersmann, M. Kind, J. Stichlmair: Thermische Verfahrenstechnik, Springer Verlag Berlin, 2005  
J.G. Stichlmair, J.R. Fair: Distillation, Wiley-VCH, 1998  
W.D. Seider, J.D. Seader, D.R. Levin: Process Design Principles, John Wiley & Sons, Inc., 1999  
M.F. Doherty, M.F. Malone, Conceptual Design of Distillation Systems, McGraw-Hill Book Company, 2001  
R.H. Perry, W.D. Green, J.O. Maloney: Perrys Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill Book Company, 7. Auflage, 1997

**Modulverantwortliche(r):**

Klein, Harald; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Planung thermischer Prozesse - Übung (Übung, 1 SWS)  
Rehfeldt S ( Engel F ), Klein H

Planung thermischer Prozesse (Vorlesung, 2 SWS)

Rehfeldt S ( Engel F ), Klein H

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2202: Chemische Reaktortechnik | Chemical Reactors

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2014

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

mündliche Prüfung (30 min)

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Thermodynamik sowie des Wärme- und Stoffaustausches

#### Inhalt:

In der Vorlesung "Chemische Reaktortechnik" werden die notwendigen Grundlagen vermittelt, um die physikalischen und chemische Prozesse in chemischen Reaktoren mathematisch zu beschreiben. Folgende Vorgehensweise wird gewählt: - Einführung und Darstellung der chemischen Kinetik als Reaktionsgeschwindigkeit - Aufstellung von Stoff- und Energiebilanzen mit den Termen für Konvektion, Diffusion (Fick'sches Gesetz) und Wärmeleitung (Fourier'sches Gesetz) - Einfluss der Katalyse - homogene Gasreaktionen, heterogene Feststoff-Gasreaktionen - Einfluss und Festlegung von Randbedingungen - Die verschiedenen Grundtypen chemischer Reaktoren (Strömungsrohr, Rührkessel) - Bedeutung der Verweilzeit

#### Lernergebnisse:

Mit den Kenntnissen der Vorlesung "Chemische Reaktortechnik" sollen die Teilnehmer in die Lage versetzt werden für einfache Anwendungsfälle von chemischen Reaktoren mathematische Modelle erstellen zu können. Diese mathematischen Modelle können dann mit entsprechenden Solvern (z.B. Matlab, CFD-Codes wie ANSYS FLUENT, OpenFoam etc) zur Berechnung genutzt werden.

Weiterhin wird das Verständnis von Modellen, die in den Solvern schon vorgegeben werden, wie z.B. homogenes Modell eines Festbettreaktors, eröffnet.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lehrervortrag

**Medienform:**

Vortrag, Tafelanschrift, Herleitung von mathematischen Gleichungen, Grafiken und Bilder über Overhead-Projektion oder Beamer, Anschauungsmodelle

**Literatur:**

O. Levenspiel: Chemical Reaction Engineering;

**Modulverantwortliche(r):**

Gleis, Stephan; M.Sc.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2258: Umweltbioverfahrenstechnik | Environmental and Biochemical Engineering

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Klausur werden Wissen und Verständnis der Studierenden zur biotechnologischen Behandlung von Wasser, Feststoffen und Gasen geprüft. Sie sollen zeigen, dass sie in beschränkter Zeit (Bearbeitungsdauer: 60 Minuten) und unter fest definierten Rahmenbedingungen (einziges zugelassenes Hilfsmittel: Taschenrechner) in der Lage sind, biologische Verfahren bei der Abwasserreinigung, der Feststoff- und der Abluftbehandlung detailliert zu beschreiben und zu vergleichen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzung für die erfolgreiche Teilnahme sind Grundkenntnisse der Bioverfahrenstechnik, wie sie beispielsweise im Modul MW1903 "Bioverfahrenstechnik" vermittelt werden.

#### Inhalt:

Diese Lehrveranstaltung gibt einen Überblick über den Einsatz biologischer Verfahren bei der Abwasserreinigung, der Feststoff- und der Abluftbehandlung. Detailliert werden behandelt: Biologische Abwasserreinigung (Kohlenstoffelimination, Stickstoffelimination, Phosphatelimination) – Anaerobe Abwasserreinigung (Kohlenstoffelimination und Biogasgewinnung) – Biologische Feststoffbehandlung (Bodensanierung, Kompostierung, Biogasgewinnung) - Biologische Abluftreinigung.



**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul verstehen die Studierenden, wie biotechnologische Entsorgungsprozesse funktionieren und verfügen über grundlegende Kenntnisse zu Dimensionierung und Betrieb von biologischen Verfahren zur Behandlung von Wasser, Feststoffen und Gasen. Sie sind in der Lage, eigenständig unterschiedliche Verfahren der Abwasser-, der Feststoff- und Abluftbehandlung vergleichend zu bewerten und können grundlegende Dimensionierungen dieser Verfahren anhand von Bemessungsrichtlinien vornehmen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte des Moduls werden in der Vorlesung (2 SWS) mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen theoretisch vermittelt. Wesentliche Inhalte werden wiederholt aufgegriffen und im Rahmen von Exkursionen (1 SWS) in der praktischen Anwendung demonstriert.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Folien werden den Studierenden in geeigneter Form rechtzeitig zugänglich gemacht.

**Literatur:**

Es ist aktuell kein Lehrbuch zu allen Inhalten dieses Moduls verfügbar.

**Modulverantwortliche(r):**

Weuster-Botz, Dirk; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Umwelt-Bioverfahrenstechnik (MW2258) (Vorlesung, 3 SWS)

Weuster-Botz D [L], Weuster-Botz D, Schäfer D, Bromig L, Martinez Merizalde A, von den Eichen N, Wolf L

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2410: Chromatographie mit ChromX (.) Simulationsseminar | Chromatography with ChromX ( ) Simulation Seminar [ChromX]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 110	<b>Präsenzstunden:</b> 40

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form eines Berichtes. Darin werden der Lernprozess und die Ergebnisse des Seminars schriftlich zusammengefasst. Somit sollen die Studierenden nachweisen, dass sie die Simulationssoftware ChromX und ChromX Academics zielsicher anwenden können, geeignete Chromatographische Modelle auswählen und bewerten können. Zudem soll gezeigt werden, dass die erlernten Prozesse analysiert, charakterisiert und optimiert werden können. Es wird damit überprüft, ob sie die Auswirkungen verschiedener Einflussgrößen verstehen, fehlende Parameter ermitteln und weitere Softwares zu Analysezwecken über Schnittstellen einbinden können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Seminar baut auf der Vorlesung Bioproduktarbeit I auf. Es wird empfohlen diese Vorlesung besucht zu haben, oder anderweitig die Grundlagen der Chromatographie erlernt zu haben.

#### Inhalt:

ChromX ist eine vielseitige und leistungsstarke Software die vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelt wurde, um präparative Chromatographieprozesse für die Proteinreinigung zu simulieren und eine modellbasierte Prozessentwicklung und -optimierung zu ermöglichen. Den experimentellen Anwendungsfall in eine computerbasierte Simulation zu übertragen gewährleistet nicht nur eine große Zeit- und Kosteneinsparung, sondern ermöglicht auch, dass im Labor gängige Trial & Error-Konzept zu umgehen, den Versuchsablauf

vorherzubestimmen oder resultierende Ergebnisse zu untermauern. Seitdem die Entwicklung von leistungsstarken Computern rasant voranschreitet, findet auch die Simulation immer größeren Anklang in der Wissenschaft und Industrie. Es ist daher von großem Vorteil Erfahrungen in der Simulation zu sammeln. Um die Vielseitigkeit und den großen industriellen Nutzen des Programms ChromX zu veranschaulichen werden im angebotenen Simulationsseminar "Chromatographie mit ChromX" unterschiedliche Anwendungsfälle wie z.B die Aufreinigung von Molkeproteinen mittels Ionenaustauschchromatographie simuliert. Gleichzeitig werden verschiedene Funktionen der Software genutzt um den Prozess zu optimieren, fehlende Parameter durch Schätzung zu ermitteln oder den Einfluss verschiedener Größen zu gewichten. Neben der Simulation mit ChromX werden Schnittstellen zu Matlab und ParaView geschaffen und weitere interessante Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt. Ziel ist es dem Teilnehmer nicht nur Einblicke in die Simulation der Flüssigkeitschromatographie zu gewähren, sondern ein fundiertes Verständnis der Simulationsgrundlagen zu schaffen, so dass diese auf weitere Probleme und Anwendungsfälle übertragen werden können. Das Seminar wird als einwöchige Blockveranstaltung im Sommer und Wintersemester und in kleinen Gruppen angeboten.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Seminar sind die Studenten in der Lage:

- die Simulationssoftware ChromX und ChromX Academics zielsicher auf verschiedene präperative Chromatographieprozesse anzuwenden
- den Einfluss unterschiedlicher Chromatographischer Modelle bewerten und das richtige Modell für den entsprechenden Anwendungsfall zu ermitteln
- chromatographische Prozesse mithilfe der Software ausgiebig zu analysieren, charakterisieren und optimieren
- fehlende Parameter mittels einer Schätzungsfunktion zu ermitteln
- durch verschiedenen Parameterstudien die Einflussgrößen von Fluid- und Massentransport zu erkennen und zu verstehen
- Die Softwares Matlab und ParaView über eine Schnittstelle einzubinden und zu Analysezwecken anzuwenden

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul beinhaltet als Lehrveranstaltung ein Seminar. Im Zuge dessen werden anhand eines Vortrages (Frontalunterricht, unterstützt durch eine PowerPointpräsentation) die theoretischen Grundlagen zu chromatographischen Modellen und Prozessen erklärt. Das dazugehörige Skript dient den Studierenden anschließend, selbstständig mit der Simulationssoftware ChromX und ChromX Academics verschiedene präperative Chromatographieprozesse anzuwenden. Die Studierenden nutzen ihre eigenen Laptops und lernen somit chromatographische Prozesse mithilfe der Software ausgiebig zu analysieren, charakterisieren und optimieren, das richtige Modell für den entsprechenden Anwendungsfall zu ermitteln, fehlende Parameter mittels einer Schätzungsfunktion zu ermitteln sowie die Softwares Matlab und ParaView über eine Schnittstelle einzubinden und zu Analysezwecken anzuwenden.

### **Medienform:**

Skript und Foliensatz

**Literatur:**

Skript Bioproduktaufarbeitung I, <https://gosilico.com>

**Modulverantwortliche(r):**

Berensmeier, Sonja; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung | Flexibilization in Engineering Sciences**

In dieser Säule können Module im Umfang von maximal 15 Credits erbracht werden. Sie kann fachübergreifende Lehrangebote ("Allgemeine Mastermodule aus dem Maschinenwesen") enthalten. Die Credits können auch in Modulen anderer Fakultäten der TUM ("Interdisziplinäre Mastermodule") und/oder in Modulen anderer in-und/oder ausländischer Hochschulen ("Anerkannte Mastermodule") erworben werden. (Dieses Modulhandbuch kann von den Studierenden mit den Beschreibungen zu den jeweils tatsächlich belegten Modulen erweitert werden.)

## **Allgemeine Mastermodule aus dem Maschinenwesen | General Master Modules in Mechanical Engineering**

Dieser Wahlbereich enthält Mastermodule der Fakultät für Maschinenwesen, die nicht den studiengangspezifischen Säulen zugeordnet sind. (Dieses Modulhandbuch kann von den Studierenden mit den Beschreibungen zu den jeweils tatsächlich belegten Modulen erweitert werden.)

## Modulbeschreibung

### MW0867: Roboterdynamik | Robot Dynamics

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90min), in der die Studierenden anhand von Verständnis- und Rechenaufgaben zeigen, dass Sie

- robotische Strukturen analysieren,
- deren Physik modellieren und
- Konzepte der Regelung und Trajektorienplanung für diese bewerten und anwenden können.
- Außerdem werden physische Komponenten gängiger Roboter abgefragt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Technischen Mechanik: Relativkinematik, Impuls- und Drallsatz

#### Inhalt:

Kinematik

- Relativkinematik
- Rekursive Berechnung
- Denavit-Hartenberg Parameter
- Homogene Transformation
- Direkte und Inverse Kinematik
- Redundante Roboter

Kinetik

- Prinzipien von d'Alembert und Jourdain
- Newton-Euler-Gleichungen

- Antriebsdynamik
  - Direkte und Inverse Dynamik
  - Bewegungsgleichung im Arbeitsraum
- Trajektorienplanung
- Bahn- und Trajektoriebeschreibung
  - Umweltmodellierung
  - Suche nach möglichen Bewegungen
  - Optimierung der Bewegungen
- Regelung
- Gelenkraum und Arbeitsraum
  - Zentrale und dezentrale Regelung
  - Kraft- und Positionsregelung

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage für steife serielle Roboter

- die Struktur zu analysieren,
- die Bewegungen zu beschreiben,
- die Dynamik zu modellieren,
- wichtige Konzepte der Trajektorienplanung zu bewerten und anzuwenden,
- wichtige Konzepte der Regelung zu bewerten und anzuwenden.

Darüber hinaus kennen sie die physischen Komponenten gängiger Roboter.

Als Hilfsmittel sind Schreibgeräte und eine vorgegebene Kurzzusammenfassung, die bereits während des Semesters verwendet wird, erlaubt.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit integrierter Übung. Zur Vor- und Nachbereitung wird den Studierenden ein Skript zur Verfügung gestellt. Zunächst werden in den Vorlesungsteilen die theoretischen Grundlagen der Roboterdynamik präsentiert (Präsentation: Text, Formeln, Grafiken, Videos), teilweise Schritt für Schritt hergeleitet (handschriftlich oder als Präsentation) und detailliert vom Dozenten erklärt. Damit wird den Studierenden eine weitere Möglichkeit geboten neben dem Skript die Inhalte des Moduls zu verstehen.

In den thematisch abgestimmten integrierten Übungen wenden Studierende die neuen Inhalte selbst an, um das Wissen schnell zu verankern und die daraus erlangten Fähigkeiten langfristig nutzen zu können. Studierende müssen hier Strukturen analysieren, Bewegungen beschreiben, Dynamik modellieren, Konzepte der Trajektorienplanung und Regelung anwenden und bewerten. Die Studierenden werden außerdem durch die integrierten Übungen aktiviert und so wieder aufnahmefähiger für weitere Inhalte. Zusätzlich werden Aufgabenblätter mit Lösungen zum Selbststudium bereitgestellt.

### **Medienform:**

- Skript zur Vor- und Nachbereitung sowie als Nachschlagewerk
- Präsentation/Tafel für Schritt für Schritt Herleitung und Vermittlung der Inhalte
- Interaktive kleine Aufgaben zur Aktivierung der Teilnehmenden



- Aufgabenblätter mit Lösungen zur Anwendung der Inhalte im Selbststudium

**Literatur:**

- "Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control", Kevin M. Lynch and Frank C. Park, Cambridge University Press, 2017, ISBN 9781107156302, online verfügbar.
- "Roboterdynamik: Eine Einführung in die Grundlagen und technischen Anwendungen", Friedrich Pfeiffer und Eduard Reithmeier, Teubner Verlag, 1987, ISBN 3519020777, in der Bibliothek verfügbar.
- "Introduction to Robotics: Mechanics and Control", John J. Craig, fourth edition, Pearson, 2018, ISBN: 9780133489798 (0133489795), in der Bibliothek verfügbar.
- "Robotics: Modelling, Planning and Control", Bruno Siciliano und Lorenzo Siciavicco und Luigi Villani und Giuseppe Oriolo, Springer, 2010, ISBN 9781846286414 (1846286417), in der Bibliothek verfügbar.

**Modulverantwortliche(r):**

Rixen, Daniel; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2131: Menschliche Zuverlässigkeit | Human Reliability [Menschliche Zuverlässigkeit]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Lernergebnisse werden in einer schriftlichen Prüfung (90 Minuten) geprüft. Als ergänzendes Hilfsmittel ist ausschließlich ein nicht programmierbarer Taschenrechner zugelassen. In der Prüfung müssen Berechnungsmethoden angewendet, gegebene Fallbeispiele analysiert und Designansätze bewertet werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Wir empfehlen die vorherige Teilnahme an der Vorlesung Arbeitswissenschaft.

#### Inhalt:

Nicht-funktionsgerechtes Verhalten technischer Systeme bis hin zu Unfällen und Katastrophen werden in unserer hochtechnisierten Welt oft dem "Faktor Mensch" zugeschrieben und als Grund "Menschliches Versagen" genannt. In der Vorlesung werden zunächst die Sachzusammenhänge zum Menschlichen Fehler, der Zusammenhang zur Zuverlässigkeit technischer Systeme sowie die Gründe dargestellt, warum dieser Faktor gerade in heutigen technischen Systemen einen hohen Stellenwert einnimmt. Daraufhin werden Methoden dargestellt, wie menschliche Fehler analysiert, bewertet und vermieden werden können, um so die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems "Mensch, Technik und Organisation" zu erhöhen. Es werden Methoden zur Analyse von Ereignissen und Methoden zur Vorhersage menschlicher Fehler dargestellt und deren Funktionsweise anhand praktischer Beispiele aus verschiedenen technischen Domänen demonstriert. Darüber hinaus werden Methoden der Risikobewertung und Risikominderung diskutiert.

**Lernergebnisse:**

Am Ende des Moduls sind die Studierenden in der Lage

- Mechanismen des menschlichen Verhaltens zu analysieren und diese im Kontext der Zuverlässigkeitsabschätzung anzuwenden
- menschliche Fehler zu klassifizieren und die in der Literatur angegebenen Modelle anzuwenden
- Risiken zu analysieren und Strategien zur Risikominderung zu bewerten
- Designregeln und -richtlinien für den Entwurf robuster Systeme anzuwenden

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung erfolgt anhand einer Präsentation. In der Übung werden gemeinsam Fallstudien und Rechenbeispiele bearbeitet und diskutiert. Zur selbständigen Nachbereitung und Vertiefung empfehlen wir die angegebene Literatur.

**Medienform:**

Power-Point Präsentation, schriftliche Literatur in Form wissenschaftlicher Publikationen

**Literatur:**

Bubb, Heiner; Albers, Stephan (1992): Menschliche Zuverlässigkeit. Definitionen, Zusammenhänge, Bewertung. 1. Aufl. Landsberg/Lech: ecomed.

Auf weiterführende Literatur wird in den Vorlesungsunterlagen hingewiesen.

**Modulverantwortliche(r):**

Bengler, Klaus; Prof. Dr. phil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2463: Additive Fertigung mit Kunststoffen | Additive Manufacturing with Plastics

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die vermittelten Lerninhalte werden in einer schriftlichen Klausur, die sowohl aus Wissensfragen, Anwendungsaufgaben und Rechenaufgaben besteht, abgefragt. Die Bearbeitungsdauer der Klausur sind 90 Minuten. Als Hilfsmittel ist ein nicht programmierbarer Taschenrechner erlaubt. In der Klausur wird überprüft, ob die Studierenden z. B. die verschiedenen Prozesse der Additiven Fertigung mit Kunststoffen verstehen, die fundamentalen Mechanismen der additiven Bauteilerzeugung für die unterschiedlichen Prozesse unterscheiden sowie das für die jeweilige Anwendung geeignete Verfahren in Kombination mit dem jeweiligen Werkstoff ableiten können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung „Grundlagen der Additiven Fertigung“ – empfohlen

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Additiven Fertigungsverfahren mit Kunststoffen. Dabei werden die Prozesse

- Laser-Sintern
- Materialextrusion
- Stereolithographie
- Binder Jetting

hinsichtlich deren Ausgangswerkstoffe, physikalischer Bindungsmechanismen und resultierenden Bauteileigenschaften analysiert. Beginnend von der Herstellung der jeweiligen Ausgangswerkstoffe

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

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am der Modul sind die Studierenden in der Lage verschiedene Prozesse der Additiven Fertigung mit Kunststoffen zu verstehen. Die Studierenden können die fundamentalen Mechanismen der additiven Bauteilerzeugung für die unterschiedlichen Prozesse unterscheiden. Sie können für die jeweilige Anwendung das geeignete Verfahren in Kombination mit dem jeweiligen Werkstoff ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der Vorlesung werden die Grundlagen zu verschiedenen additiven Fertigungsverfahren mit Kunststoffen anhand von Vortrag und Präsentation erklärt. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Prozesse der Additiven Fertigung mit Kunststoffen zu verstehen. Ihnen werden Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt, die sie selbstständig lösen können. In der Übung werden diese Aufgaben dann im Detail besprochen. Möglichkeiten für Rückfragen sind gegeben. Damit lernen sie die fundamentalen Mechanismen der additiven Bauteilerzeugung für die unterschiedlichen Prozesse zu unterscheiden und das für die jeweilige Anwendung geeignete Verfahren in Kombination mit dem jeweiligen Werkstoff abzuleiten.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

Andreas Gebhardt, Jan-Steffen Hötter, Additive Manufacturing: 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016, ISBN 9781569905838

Manfred Schmid, Laser Sintering with Plastics: Technology, Processes, and Materials, Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2018, ISBN 9781569906859

**Modulverantwortliche(r):**

Wudy, Katrin; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de)

## Campus Straubing

### Modulbeschreibung

## CS0124: Sustainable Production | Sustainable Production [SP]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Written exam (90 minutes): By solving problems from the thematic field of the module students have to prove their understanding of the management of industrial production processes and technologies under consideration of sustainability aspects. In doing so they have to prove their techno-economic understanding, knowledge on quantitative methods for the analysis, assessment and optimisation of production systems, as well as their analytical and verbal skills in the field. They need to show that they are able to discuss the treated approaches and to derive further research needs. Learning aids: pocket calculator.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine

### Inhalt:

The module covers inter alia the following topics:

- Sustainability aspects of industrial production and consumption
- Reasons for considering sustainability aspects in production management
- Measuring sustainability of production and operations
- Sustainable product and service design
- Sustainable sourcing
- Sustainable production management
- Sustainability of logistics

- Managing wastes, waste water, air emissions and product returns

### **Lernergebnisse:**

The module aims at enabling students to approach management tasks of production systems under consideration of sustainability aspects. This covers especially , especially the analysis, assessment and optimisation of these using a quantitative systems analysis approach.

The students understand that production and consumption activities have sustainability impacts and why these have to be considered in the management of production systems. They apply quantitative approaches for the analysis, assessment and optimisation of these systems on example planning tasks. They are capable to discuss the approaches critically, derive further development needs and transfer these approaches to other fields.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Format: Lecture with exercise to introduce, train and deepen the contents of the module.

Teaching / learning methods:

- Media-assisted presentations
- Group work / case studies with presentation
- Individual assignments and presentation

The teaching and learning methods are combined specifically for the treated topics. Typically, a thematic impulse or overview is given with a media-assisted presentation. Individual or group work assignments provide the possibility to apply the acquired competencies, to repeat and deepen these as well as to prepare the transfer to other fields.

### **Medienform:**

Digital projector, board, flipchart, online contents, case studies

### **Literatur:**

Recommended reading:

- Stark R; Seliger G, Bonvoisin J (2017): Sustainable Manufacturing - Challenges, Solutions and Implementation Perspectives , Springer
- Reniers G, Sørensen K, Vranken K (2013): Management principles of sustainable industrial chemistry, Wiley VCH
- McKinnon A, Browne M, Piecyk M, Whiteing A (2015): Green Logistics, Kogan Page
- Mangla S, Luthra S, Jakhar S K, Kumar A, Rana N P (2019): Sustainable Procurement in Supply Chain Operations, CRC Press

Further related reading, especially articles in international peer reviewed journals, will be provided in the kick-off meeting of the module.

### **Modulverantwortliche(r):**

Magnus Fröhling

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Chemie

### Modulbeschreibung

## CH1318: Computational Fluid Dynamics (CFD) mit Open-Source-Software | Computational Fluid Dynamics (CFD) with Open-Source-Software

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Zu jeder der sechs Themenblöcke muss eine Ausarbeitung (ca. 3-5 Seiten) je Teilnehmer/ Zweiergruppe abgegeben werden. Der Abgabezeitpunkt wird während der Teilnahme am Modul mitgeteilt. Außerdem findet zu jedem der simulierten Fälle ein ca. 20 minütiges, mündliches Abtestat statt, bei welchem die erfolgreiche Simulation auf dem eigenen Laptop vorgeführt, sowie Fragen zu dem behandelten Kapitel abgefragt werden. Art und Umfang der Prüfungen sollen sicher stellen, dass die Konzepte der Softwareumgebung erfolgreich auf ein die Behandlung eines strömungsmechanischen Problems übertragen werden können. Die Note ergibt sich als Mittel aus diesen erbrachten Prüfungsleistungen.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse über Fluidmechanik werden vorausgesetzt. Des Weiteren sind grundsätzliche Kenntnisse in C/C++ und Linux vorteilhaft, aber nicht notwendig. Entsprechend richtet sich das Modul an Studierende des Chemieingenieurwesens und Maschinenwesens ab dem 5. Semester.

### Inhalt:

- Umgang mit Linux
- Programmierkenntnisse mit C++

- Abstrahieren von strömungsmechanischen Fragestellungen auf Simulationsebene
- Aufsetzen strömungsmechanischer Simulationen mittels OpenFOAM®
- Visualisierung und Präsentation von Simulationsergebnissen
- Durchführung einer einfachen Strömungssimulation am Beispiel einer Kavitationsströmung
- Gittergenerierung und Turbulenzmodellierung am Beispiel einer Rohrverbindung
- Erweiterung der in OpenFOAM® zur Verfügung gestellten Funktionalitäten durch Solvermodifikation am Beispiel eines Mikromischers
- Kopplung von physikalischen Grundproblemen am Beispiel der Zwei- und Dreiphasenströmung
- Einführung in die Simulationsautomatisierung mittels Python und Bash am Beispiel eines Festbettreaktors
- Einblick in Numerik von Diskretisierungsschemata am Beispiel des Fließverhaltens von viskoelastischen Fluiden

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden im Stande, strömungsmechanische Sachverhalte mit Hilfe der Open-Source-Software OpenFOAM® selbständig zu simulieren. Des Weiteren können die Softwarepakete blender™, Salome sowie ParaView eigenständig bedient werden. Die Studierenden beherrschen die Software-/Entwicklungsumgebung soweit, dass sie erfolgreich und selbstständig auf die Beschreibung und Simulation einfacher Strömungsgeometrien bei unterschiedlichen fluiddynamischen Randbedingungen (auch Mehrphasenströmungen) angewandt werden können.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul findet als Seminar statt. Wichtige Inhalte werden über Frontalpräsentationen vermittelt und anhand der selbständigen Bearbeitung der sechs Simulationsaufgaben durch die Studierenden sowie durch weiterführende Literaturrecherche vertieft.

### **Medienform:**

Skript, PowerPoint, Tafel, Übungsaufgaben, Computer (über virtuelle Umgebung)

### **Literatur:**

C. J. Greenshields, OpenFOAM - The Open Source CFD Toolbox – User Guide, CFD Direct Ltd., 2015.

C. J. Greenshields, OpenFOAM - The Open Source CFD Toolbox – Programmer's Guide, CFD Direct Ltd., 2015.

T. Maric, J. Höpken, K. Mooney, The OpenFOAM® Technology Primer, Sourceflux, 2014.

J. H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2002."

### **Modulverantwortliche(r):**

Hinrichsen, Kai-Olaf Martin; Prof. Dr.-Ing.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Schlüsselkompetenzen | Key Competencies**

Aus dem Wahlbereich Schlüsselkompetenzen ist ein Modul im Umfang von mindestens 2 Credits in Form einer Studienleistung zu erbringen. Es können Module des Zentrums für Schlüsselkompetenzen, der Professuren im Maschinenwesen, des Sprachenzentrums (ausgenommen sind Deutschkurse) sowie ausgewählte Kurse der Carl von Linde-Akademie gewählt werden. Da die aktuell gültigen Listen sehr umfangreich sind, enthält dieses Modulhandbuch stellvertretend für diese Vielzahl eine beispielhafte Auswahl an Modulbeschreibungen. (Dieses Modulhandbuch kann von den Studierenden mit den Beschreibungen zu den jeweils tatsächlich belegten Modulen erweitert werden.)

## Angebote Zentrum für Schlüsselkompetenzen | Center of Key Competencies

### Modulbeschreibung

#### MW2148: Master Soft Skill Workshops | Master Soft Skill Workshops

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 30	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt als Übungsleistung (Studienleistung) mit dem Ziel der Anwendung der erlernten Kompetenzen zur Lösung anwendungsbezogener Probleme oder Situationen aus dem Arbeits- und Privatleben. Diese werden beispielsweise durch die aktive Teilnahme an den Workshops und Bearbeitung von Aufgaben (innerhalb von insgesamt 16 Stunden Workshopzeit) zu den drei Kompetenzbereichen (Selbst-, Sozial- und Methodenkompetenz) sowie zum individuellen Schwerpunkt überprüft.

Durch das Bearbeiten von Aufgaben sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie die vorgegebenen Qualifikationsziele in den Workshops (z. B. Identifikation der individuellen Haltung zu arbeitsrelevanten Themenbereichen, Reflexion differierender Meinungen, Beurteilung von Aufgaben und Problemen zur Umsetzung von Lösungsstrategien) erreicht haben. Diese Aufgaben umfassen schriftliche Einzelaufgaben zur Reflexion oder Anwendung, Lehrgespräche und Diskussionen sowie Anwendungsaufgaben allein oder in Gruppen. Unter Anwendungsaufgaben fallen unter anderem (Kurz-)Präsentationen, Problemlöseaufgaben, Übungen oder schriftliche Aufgaben im Rahmen von eLearnings.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Erfahrung mit Soft Skills Veranstaltungen auf Bachelorniveau. Bereitschaft zum Lernen mit interaktiven Lehrmethoden. Studium der empfohlenen Literatur vor Veranstaltungsbeginn.

### **Inhalt:**

Die Inhalte der Soft Skills Workshops teilen sich in Themen der Kompetenzbereiche Selbstkompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz. Beispiele des Themenspektrums sind Konfliktlösung, Teamarbeit, Kreativität oder Präsentieren. Neben theoretischen Inputs zu den jeweiligen Themen steht die interaktive Anwendung und Bearbeitung des Themas im Mittelpunkt. Die Reflexion des eigenen Verhaltens in Einzel- und Gruppensituationen wird angeregt. Darüber hinaus erlernen und trainieren die Teilnehmer konkrete Verhaltensweisen in sozialen Situationen und erhalten Feedback.

### **Lernergebnisse:**

Die Master Soft Skills Workshops haben das Ziel, die Selbstkompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz der Studierenden an der Fakultät für Maschinenwesen zu erweitern. Im Bereich der Selbstkompetenz kennen und verstehen die Studierenden ihren eigenen Arbeitsstil sowie Ihre Ziele, Werte und Handlungsmuster. Sie identifizieren ihre individuelle Haltung zu arbeitsrelevanten Themenbereichen und verstehen und analysieren die Beweggründe und Konsequenzen ihres Handelns. Die Studierenden übertragen die erlernten Inhalte auf ihren Lebensalltag und beurteilen eigenständig ihre Arbeitsweise und ihr Vorgehen zum Setzen von Prioritäten.

Im Bereich der Sozialkompetenz kennen und verstehen die Studierenden Modelle und Theorien zur situationsangemessenen Interaktion mit anderen Menschen. Sie können differierende Meinungen reflektieren und entwickeln ein konstruktives Konfliktverhalten. Sie beurteilen soziale Situationen und wenden das erlernte Verhalten flexibel an.

Im Bereich der Methodenkompetenz können die Studierenden Aufgaben und Probleme aufgrund einer sinnvollen Planung und Umsetzung von Lösungsstrategien adäquat erkennen, verstehen und beurteilen. Sie sind in der Lage, Ziele zu analysieren und die gewählte Strategie zielgruppenspezifisch zu vermitteln. Die Lernenden können konkrete Techniken des Präsentierens oder Moderierens anwenden und deren Eignung für die Situation bewerten.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die Lehrveranstaltungen zum Modul werden in Form wissenschaftlich fundierter Workshops (Präsenzveranstaltung, Flipped- Learning) und eLearnings durchgeführt.

Lehr- und Lernmethoden, die in den Workshops Anwendung finden, sind der Dozentenvortrag sowie der eigenständige Kompetenzerwerb in Form von Partner-, Gruppen- oder Einzelaufgaben. Die Workshops werden mit aktivierenden Methoden durchgeführt, um das theoretische Wissen in Gruppenübungen wie Problemlöseaufgaben, Fallanalysen oder Simulationen zu vertiefen. In der anschließenden Reflexion oder Diskussion wird das Erlebte zusammen mit den Studierenden analysiert und bewertet und so das erfahrungsorientierte Lernen abgerundet. Durch diese Methoden erwerben die Studierenden Kompetenzen, um beispielsweise die individuelle Haltung zu arbeitsrelevanten Themenbereichen zu identifizieren, differierende Meinungen zu reflektieren.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint/ Prezi etc., interaktive Gesprächsführung über Flipchart, Whiteboard und Pinnwand, Online-Lehrmaterialien.

**Literatur:**

Heierle, L. (2008): Schlüsselqualifikationen an Hochschulen. Theorie, empirische Untersuchung und konzeptionelle Überlegung, Saarbrücken: VDM Verlag. Kellner,

H. (2006): Soziale Kompetenz für Ingenieure, Informatiker und Naturwissenschaftler, Wien: Carl Hanser Verlag.

Mühleisen, S. / Oberhuber N. (2005): Karrierefaktor Soft Skills, Freiburg i.Br.: Rudolf Haufe Verlag.

**Modulverantwortliche(r):**

Theisen, Birgit; Dr. phil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Präsenz-Workshop: Exklusives Angebot - Erfolgreiche Zusammenarbeit im Team (SOK-TEAM) (Workshop, 1 SWS)

Aepfelbacher M [L], Aepfelbacher M, Poetzsch L

Moodle-Course: Business Knigge - Fit in Etiquette (ISP-KNIGGE) (Workshop, ,5 SWS)

Ihrig M [L], Ihrig M

Präsenz-Workshop: Kreativitätstechniken - So finden Sie schnell innovative Lösungen (MEK-KREATIVITÄT) (Workshop, 1 SWS)

Poetzsch L [L], Poetzsch L

Präsenz-Workshop: Resilienz - Widerstandsfähigkeit stärken und Stress vorbeugen (SEK-RESILIENZ) (Workshop, ,5 SWS)

Zauner A [L], Zauner A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2223: Soft Skill Trainings in Kooperationsprojekten | Soft Skill Trainings in Project Cooperations

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 44	<b>Präsenzstunden:</b> 16

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung wird als Studienleistung in Form der Präsenz und aktiven Teilnahme an insgesamt 16 Stunden Workshopzeit im Rahmen von Kooperationsangeboten erbracht. Kooperationsangebote können in Zusammenarbeit mit Lehrstühlen, studentischen Vereinen, Einrichtungen und Gruppen der TUM oder Unternehmen unter Beteiligung des ZSK erfolgen. Die Lehre kann dabei von Kooperationspartnern teilweise jedoch nicht vollständig übernommen werden. Die Kooperationsangebote müssen alle drei Kompetenzbereiche (Selbstkompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz) abdecken. Damit soll das Erreichen der Qualifikationsziele durch das Bearbeiten der Aufgaben in den Workshops (Bearbeitung von Einzel- oder Gruppenaufgaben, Bearbeitung von Problemlöseaufgaben oder Übungen) sowie durch ergänzende Literatur zur Vor- und Nachbereitung überprüft werden. Dabei steht neben den theoretischen Grundlagen vor allem Raum für Selbstreflexion, Diskussion und Anwendung im Rahmen einer praxisnahen Fragestellung des Lehrstuhls/ Unternehmens oder der TUM Einrichtung im Fokus.

Die Kooperationsangebote können als Präsenzveranstaltungen oder Flipped-Learning Kurse angeboten werden. Für das Bestehen der Studienleistung steht prinzipiell das gesamte Masterstudium zur Verfügung.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester



**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Erfahrung mit Soft Skills Veranstaltungen auf Bachelorniveau. Bereitschaft zum Lernen mit interaktiven Lehrmethoden und Interesse an Soft Skills. Studium der empfohlenen Literatur vor Veranstaltungsbeginn.

**Inhalt:**

Inhalt des Moduls sind an die jeweilige Kooperation und deren Anforderungen angepasste Workshops zu den Kompetenzbereichen Selbstkompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz. Beispiele des Themenspektrums sind Konfliktlösung, Teamarbeit, Kreativität oder Präsentieren. Neben theoretischem Input zu den jeweiligen Themen steht die interaktive Anwendung und Bearbeitung eines anwendungsorientierten Themas im Mittelpunkt. Die Teilnehmenden reflektieren das eigene Verhalten in Einzel- und Gruppensituationen und erlernen konkrete Verhaltensweisen zum Umgang mit realitätsnahen Situationen aus dem Kontext der jeweiligen Kooperation.

**Lernergebnisse:**

Die Master Soft Skills Workshops haben das Ziel, die Selbstkompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz der Studierenden an der Fakultät für Maschinenwesen zu erweitern. Im Bereich der Selbstkompetenz kennen und verstehen die Studierenden ihren eigenen Arbeitsstil sowie Ihre Ziele, Werte und Handlungsmuster. Sie identifizieren ihre individuelle Haltung zu arbeitsrelevanten Themenbereichen und verstehen und analysieren die Beweggründe und Konsequenzen ihres Handelns. Die Studierenden übertragen die erlernten Inhalte auf ihren Lebensalltag und beurteilen eigenständig ihre Arbeitsweise und ihr Vorgehen zum Setzen von Prioritäten. Im Bereich der Sozialkompetenz kennen und verstehen die Studierenden Modelle und Theorien zur situationsangemessenen Interaktion mit anderen Menschen. Sie können differierende Meinungen reflektieren und entwickeln ein konstruktives Konfliktverhalten. Sie beurteilen soziale Situationen und wenden das erlernte Verhalten flexibel an. Im Bereich der Methodenkompetenz können die Studierenden Aufgaben und Probleme aufgrund einer sinnvollen Planung und Umsetzung von Lösungsstrategien adäquat erkennen, verstehen und beurteilen. Sie sind in der Lage, Ziele zu analysieren und die gewählte Strategie zielgruppenspezifisch zu vermitteln. Die Lernenden können konkrete Techniken des Präsentierens oder Moderierens anwenden und deren Eignung für die Situation bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Veranstaltungen werden in Form wissenschaftlich fundierter Workshops und ggf. ergänzenden eLearning Modulen durchgeführt. Lehrmethoden, die in den Workshops Anwendung finden, sind der Dozentenvortrag, die Debatte sowie Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit. Die Workshops werden mit aktivierenden Methoden durchgeführt. Lerngespräche, Fallanalysen und gruppendynamische Aufgaben runden das erfahrungsorientierte Lernen in den Workshops ab.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien/ Prezi etc., interaktive Gesprächsführung über Flipchart, Whiteboard und Pinnwand, Online-Lehrmaterialien.

**Literatur:**

Heierle, L. (2008): Schlüsselqualifikationen an Hochschulen. Theorie, empirische Untersuchung und konzeptionelle Überlegung, Saarbrücken: VDM Verlag. Kellner,

H. (2006): Soziale Kompetenz für Ingenieure, Informatiker und Naturwissenschaftler, Wien: Carl Hanser Verlag.

Mühleisen, S. / Oberhuber N. (2005): Karrierefaktor Soft Skills, Freiburg i.Br.: Rudolf Haufe Verlag.

**Modulverantwortliche(r):**

Theisen, Birgit; Dr. phil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Angebote Sprachenzentrum | Language Center

### Englisch | English

#### Modulbeschreibung

### SZ0413: Englisch - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1 | English - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2015/16

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Grades for an oral presentation (including a handout and visual aids) (25%) , multiple drafts of two homework assignments to allow students to develop written skills by means of a process of drafting and revising texts (25% each assignment), and a final written examination (25%) contribute to the final course grade. Duration of the final examination: 60 minutes.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ability to begin work at the C1 level of the GER as evidenced by a score in the range of 60 – 80 percent on the placement test at [www.moodle.tum.de](http://www.moodle.tum.de). (Please check current announcements as the exact percentages may vary each semester.)

#### Inhalt:

In this module grammatical forms are reviewed and practiced with a focus on topics of interest to students preparing for professions in business and technology branches. The module includes opportunities for students to practice both written and oral communication needed in professional life, with emphasis on career skills such as questioning techniques, negotiating, prioritizing,

problem solving, and persuading, as well as aspects of intercultural communication needed for achieving professional success. Emphasis is placed on developing strategies for continued learning.

**Lernergebnisse:**

After completion of this module students can understand a wide range of demanding, longer texts, and recognize implicit meaning; they can express themselves fluently and spontaneously without much obvious searching for expressions; they can use language flexibly and effectively for social, academic and professional purposes and they can produce clear, well-structured, detailed text on complex subjects, showing controlled use of organizational patterns, connectors and cohesive devices.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Communicative and skills oriented treatment of topics with use of group discussion, case studies, presentations, writing workshops, listening exercises, and pair work to encourage active use of language, and provide opportunities for ongoing feedback.

**Medienform:**

Textbook, use of online learning platform such as [www.moodle.tum.de](http://www.moodle.tum.de) or use of Macmillan English Campus online learning resources, presentations, film viewings and audio practice.

**Literatur:**

Textbook and handouts.

**Modulverantwortliche(r):**

Heidi Minning

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Englisch - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1 (Seminar, 2 SWS)

Sanchez D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### SZ0423: Englisch - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1 | English - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2015/16

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Grades for an oral presentation (including a handout and visual aids) (25%), multiple drafts of two homework assignments to allow students to develop written skills by means of a process of drafting and revising texts (25% each assignment), and a final written examination (25%) contribute to the final course grade. Duration of the final examination: 60 minutes.

In the presentation, students demonstrate an awareness of Anglo-American academic public speaking conventions and are able to put these into practice; in the homework assignments, students are graded on multiple drafts of their texts based on their ability to present content clearly and succinctly taking readers' needs and writing conventions into consideration. In the final exam, they will demonstrate the ability to use complex grammatical structures and professional vocabulary correctly (e.g. are able to differentiate accurately between situations requiring formal or familiar registers and select the correct form). Dictionaries and other aids may not be used during the exam.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ability to begin work at the C1 level of the GER as evidenced by a score in the range of 60 – 80 percent on the placement test at [www.moodle.tum.de](http://www.moodle.tum.de). (Please check current announcements as the exact percentages may vary each semester.)

**Inhalt:**

In this module grammatical forms are reviewed and practiced with a focus on topics of interest to students preparing for professions in business and technology branches. The module includes opportunities for students to practice both written and oral communication needed in professional life, with emphasis on career skills such as questioning techniques, negotiating, prioritizing, problem solving, and persuading, as well as aspects of intercultural communication needed for achieving professional success. Emphasis is placed on developing strategies for continued learning.

**Lernergebnisse:**

After completion of this module students can understand a wide range of demanding, longer texts, and recognize implicit meaning; they can express themselves fluently and spontaneously without much obvious searching for expressions; they can use language flexibly and effectively for social, academic and professional purposes and they can produce clear, well-structured, detailed text on complex subjects, showing controlled use of organizational patterns, connectors and cohesive devices.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Communicative and skills oriented treatment of topics with use of group discussion, case studies, presentations, writing workshops, listening exercises, and pair work to encourage active use of language, and provide opportunities for ongoing feedback.

**Medienform:**

Textbook, use of online learning platform such as [www.moodle.tum.de](http://www.moodle.tum.de) or use of Macmillan English Campus online learning resources, presentations, film viewings and audio practice.

**Literatur:**

Textbook and handouts.

**Modulverantwortliche(r):**

Heidi Minning

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Englisch - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1 (Seminar, 2 SWS)

Crossley-Holland K, Hanson C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Angebote Carl-von-Linde-Akademie | Carl-von-Linde-Akademie

### Modulbeschreibung

## CLA20210: Technikphilosophie | Philosophy of Technology

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2003/04

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 30	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Präsentation (30 min.), in der die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind, auf Grundlage eines Textes ein technikphilosophisches Problem zu identifizieren und mit Bezug zum eigenen Fach wie zu aktuellen Kontexten zu diskutieren.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

### Inhalt:

Technikphilosophie fragt nach dem, was Technik ist, wie technische Gebilde entstehen können und welche Folgen deren Verwendung hat. Das Modul bietet eine Einführung in folgende Themenfelder:

1. Mensch - Technik - Natur
2. Wissenschaft und Technik
3. Kultur der Technik
4. Technik und Ethik

### Lernergebnisse:

Die Teilnehmer sind in der Lage, philosophische Probleme der Technik zu verstehen und einen Text insbesondere auf den implizierten Technikbegriff hin zu analysieren. Zudem verfügen sie über Erfahrungen in der interdisziplinären Vermittlung und Reflexion fachspezifischen Wissens.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Textbasiertes Seminar, Referate, Diskussionen, Gruppenarbeit, Selbststudium insbes. Lektüre/  
Erarbeitung von Texten, Online-Forum

**Medienform:**

**Literatur:**

Thomas Zoglauer (Hg.): Technikphilosophie, Freiburg/München 2002, ISBN 9783495480106.  
Alfred Nordmann: Technikphilosophie zur Einführung, Hamburg 2008, ISBN 9783885066576

**Modulverantwortliche(r):**

Fred Slanitz

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Technikphilosophie - Texte zur Einführung (Seminar, 2 SWS)

Slanitz A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte  
[campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### CLA20230: Ethik und Verantwortung | Ethics and Responsibility

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2014

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 30	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einem Referat (1500-200 Wörter) oder einer Präsentation (15-20 Min.) stellen die Studierenden eine Methode ethischer Urteilsbildung für mögliche Konfliktszenarien in den Problemfeldern Wissenschaft und Technik vor (Prüfungsleistung).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Wir treffen täglich Entscheidungen. Dabei spielen Fakten eine große Rolle, oft aber auch das sogenannte Bauchgefühl. In gesellschaftlichen Debatten um brisante Anwendungen von Wissenschaft und Technik kommt viel darauf an, beides voneinander zu unterscheiden und vor allem gute Gründe pro oder contra zu finden. Ethik leitet dazu an, mit Konflikten verantwortlich umzugehen. Aber welche Art von „Wissen“ wird dabei eingesetzt? Wie verhalten sich Recht und Ethik zueinander? Und wie lässt sich über angewandte Ethik sprechen, ohne Moral zu predigen?

#### Lernergebnisse:

Die Studierenden sind in der Lage mithilfe einer Methode ethischer Urteilsbildung exemplarische Konfliktszenarien auf den Problemfeldern von Wissenschaft und Technik zu beschreiben und abzuschätzen. Nach der Teilnahme am Seminar sind sie in der Lage, ethische Argumente im Hinblick auf ihre Geltungsansprüche zu unterscheiden und verantwortliche Handlungsoptionen

in verständlicher und zugleich anwendungsnaher Sprache für ein ethisches Gutachten reflektiert aufzubereiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Präsentation, Referat, Diskussion, Textanalyse

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Ethics of Responsibility: An Introduction to Applied Ethics (Seminar, 2 SWS)

Wernecke J

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Angebote der Professuren im Maschinenwesen

### Modulbeschreibung

## MW2457: Ethikanträge in der Mensch-Technik Forschung | Ethical Proposals in Human-Machine Research [EAMTF]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 44	<b>Präsenzstunden:</b> 16

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung erfolgt als wissenschaftliche Ausarbeitung, bestehend aus einem 10-minütigem Referat über den entworfenen Ethikantrag und anschließender Diskussion (1/3) sowie dem schriftlich verfassten Ethikantrag (2/3).

Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Teilnehmer z. B. die grundlegenden ethischen Konzepte nennen und erklären können, ihre eigene Forschung und Studien kritisch beleuchten und in Bezug auf die vorgestellten ethischen Themen und Konzepte hinterfragen können sowie selbständig eine Grundversion eines Ethikantrages für die Einreichung bei der Ethikkommission schreiben können.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

grundlegendes Verständnis des Spannungsfeldes zwischen menschlichen Nutzern technischer Systeme und den einhergehenden Risiken bei der Erforschung der Mensch-Technik-Interaktion in Rahmen von Probandenstudien

### Inhalt:

- Theoretische und geschichtliche Hintergründe zu Ethik
- ethische Konzepte (z.B. Moral, richtig vs. falsch, Wertvorstellungen, Prinzipien, Empathie, Verantwortung)

- Anwendung ethischer Denkweise auf konkrete Problemstellungen (z. B. Studiendesign, Datenerhebung, -speicherung, -auswertung und -verbreitung)
- Schreiben eines Ethikantrages zur Vorlage bei der Ethikkommission

### **Lernergebnisse:**

Die Teilnehmer des Seminars sind nach dem Besuch der Veranstaltung in der Lage:

- die geschichtliche Entwicklung und die grundlegende Denkweise ethischen Handelns zu benennen
- grundlegende ethische Konzepte zu nennen und zu erklären
- ihre eigene Forschung und Studien kritisch zu beleuchten und in Bezug auf die vorgestellten ethischen Themen und Konzepte zu hinterfragen
- selbständig eine Grundversion eines Ethikantrages für die Einreichung bei der Ethikkommission zu schreiben

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die Veranstaltung hat Seminarcharakter und ist dreigeteilt:

Am ersten Termin (Teil 1) werden die theoretischen und geschichtlichen Hintergründe zu Ethik, deren potenzielle Anwendung im Ingenieursalltag und in der Forschung detailliert dargestellt und erläutert. Zudem wählen die Teilnehmer ein Thema aus der aktuellen Mensch-Technik Forschung und skizzieren einen ersten Entwurf des Ethikantrages.

Im Anschluss (Teil 2) an den ersten Termin haben die Teilnehmer die Möglichkeit, ihren Entwurf weiter auszubauen und die einzelnen Abschnitte zu verfeinern. Hierzu können sie sich Feedback vom Dozenten einholen (z.B. über moodle).

Am zweiten Termin (Teil 3) finalisieren die Teilnehmer ihren Antrag und stellen ihn kompakt im Plenum vor. Die Seminarleiter (Lehrstuhl + Ethikkommission) geben kritisches Feedback zur Präsentation und den Inhalten des Antrages.

Neben Präsentationen der Dozenten zu einführenden und übergeordneten Inhalten sind dabei auch die Teilnehmer angehalten ausgewählte Themen in Gruppen zu erarbeiten und zu präsentieren. Ein ausgewogener Mix aus Gruppen und Individualarbeit sowie Dozentenvorträgen und eigenen Präsentationen spiegeln somit die spätere Arbeitsweise bei der Erstellung von Ethikanträgen realitätsnah wider.

### **Medienform:**

PowerPoint slides, digitaler Semesterapparat

### **Literatur:**

Michael Quante: Einführung in die Allgemeine Ethik, Darmstadt 2003.

Armin Grundwald: Ethik in der Technikgestaltung. Praktische Relevanz und Legitimation. Springer, Berlin 1999.

Armin Grundwald (Hg.): Handbuch Technikethik. Metzler, Stuttgart 2013.

### **Modulverantwortliche(r):**

Bengler, Klaus; Prof. Dr. phil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Ethikanträge in der Mensch-Technik-Forschung (Seminar, 2 SWS)

Lehsing C [L], Bengler K, Gatt-Walter M, Lehsing C, Schmidt G

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Ergänzungsfächer | Supplementary Subjects**

Aus dem Wahlbereich Ergänzungsfächer sind insgesamt 9 ECTS zu erbringen. Da die aktuell gültige Liste an Ergänzungsfächern sehr umfangreich ist, enthält dieses Modulhandbuch stellvertretend für diese Vielzahl eine allgemein gültige generische Beschreibung eines Ergänzungsfaches. Beispielhaft sind konkrete Modulbeschreibungen einiger Ergänzungsfächer angehängt. (Dieses Modulhandbuch kann von den Studierenden mit den Beschreibungen zu den jeweils tatsächlich belegten Modulen erweitert werden.)

## Ergänzungsfächer | Supplementary Subjects

### Modulbeschreibung

#### **BV340015: Bahnmodul im Verkehrswegebau | Railway module**

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### **Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:**

Der Leistungsnachweis findet in Form einer 60 minütigen, schriftlichen Klausur statt in der Fragestellungen ohne Hilfsmittel mit eigenen Formulierungen beantwortet werden müssen.

Ziel der Prüfung ist der Nachweis, dass die Studierenden die wesentlichen Verfahren zum Sicherheitsmanagement bei Bahnen verstanden haben. Sicherheitskonzepte sollten analysiert werden. Spezifische Verfahren zum Bau und Betrieb von Nahverkehrssystemen können angewendet werden. Vorgehensweisen zum Bau und Instandsetzung von Vollbahnen können entwickelt werden.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

#### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Grundmodul Verkehrswegebau BV 000028 Ergänzungsmodul Verkehrswegebau BV 000046

#### **Inhalt:**

Signaltechnik und -systeme, Stellwerke, Bahnübergänge, Zugbeeinflussung.

Vorstellen von Systemen des Nahverkehrs und der spezifischen Randbedingungen beim Bau und Betrieb. Möglichkeiten und Grenzen der unterschiedlichen Systeme hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Entfernung. Vorstellen konstruktiver Besonderheiten. Schall- und Erschütterungsschutz beim Nahverkehr.

Vorstellen und analysieren von Bauverfahren und Instandhaltungsroutinen für Vollbahnen.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage die Verfahren zum betrieblich-technischen Sicherheitsmanagement zu verstehen und deren Sicherheitskonzepte zu analysieren. Weiter sind die Studierenden in der Lage die spezifischen Randbedingungen beim Bau und Betrieb von Nahverkehrssystemen zu verstehen. Vorgehensweisen zum Bau und Instandsetzung von Vollbahnen können entwickelt werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Veranstaltung ist zunächst eine klassische Vorlesung mit ständiger Unterstützung durch eine PowerPoint-Präsentation. In diesem Rahmen können die Studierenden von der praktischen Erfahrung des Dozenten profitieren. Es werden Anschauungsmaterialien zur besseren Darstellung der Sachverhalte verwendet und herumgegeben. Filme sind zur zusätzlichen Visualisierung in die Präsentationen integriert.

**Medienform:**

Skript, Powerpoint-Präsentationen, Tafelarbeit, Videos

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Stephan Freudenstein (stephan.freudenstein@mytum.de)

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Betrieblich-technisches Sicherheitsmanagement im System Eisenbahn (Vorlesung, 1 SWS)  
Freudenstein S [L], Freudenstein S

Bahnbau (Vorlesung, 1 SWS)

Stahl W [L], Stahl W

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### CH3126: Aerosole: Bedeutung, Vorkommen und deren Charakterisierung 3CR | Aerosol Characterization

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung für das Modul wird in Form einer Klausur (30 Minuten) erbracht. Dabei sollen die Studierenden zeigen, dass sie die erworbenen Lernergebnisse (Gasphasen-suspendierte Partikel im Nano- und Mikrometergrößenbereich, deren chemische, biologische und physikalische Eigenschaften, Erzeugung und Charakterisierung) wiedergeben können, diese im Kern verstanden haben und auf neue, unbekannte messtechnische Problemstellungen anwenden können. Die Prüfungsaufgaben beinhalten den gesamten Modulstoff. In der Klausur sind Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Physikalische Chemie, Analytische Chemie mit Spektroskopie

#### Inhalt:

Das Modul behandelt Inhalte zu Gasphasen-suspendierten Partikeln im Nano- und Mikrometergrößenbereich, deren chemische, biologische und physikalische Eigenschaften, Erzeugung und Charakterisierung:

1) Allgemeines: Bedeutung, Vorkommen und Anwendungen von Aerosolsystemen. Technische Definitionen und beschreibende Parameter.

Aerosolquellen (natürliche & anthropogene, gas-to-particle conversion).

2) Problemfelder: Gezielte Nutzung von Substanzen in Aerosolform; Aerosole als Nebenprodukte bei technischen Prozessen; Abscheidung unerwünschter Aerosole.

3) Eigenschaften von Stoffen in Aerosolform: Hohe spezifische Oberfläche (Explosivität & Reaktivität), Sichtbarkeit, Kondensationskerne im Aerosol- & Wasserkreislauf, Agglomerationsverhalten, elektrisch geladene Partikel und deren Herstellung, optische Eigenschaften.

4) Methoden und Grundlagen der Aerosolcharakterisierung: Problem der vollständigen Charakterisierung, Anzahlkonzentration / Partikelzähler, Teilchengröße und deren Verteilungshäufigkeit / Impaktoren und optische Verfahren, elektrische Ladung / Lademechanismen, Beurteilung physiologischer Eigenschaften von Aerosolen.

5) Aerosolfiltration & Membranfilter: Aufbau und Wirkung.

6) Herstellung von Prüfaerosolen: Monodisperse und polydisperse Systeme im Nano- und Mikrometerbereich.

7) Chemische & mikrobiologische Charakterisierung von Aerosolen: Probenahme, chemische Zusammensetzung des Gesamtaerosols bzw. der Einzelpartikel, online & in situ Verfahren, anreichernde Probenahme / Probenahmeartefakte mit nachgelagerter Analyse, grössenselektive Aerosolprobenahme, quantitative Stoffbestimmung durch Spektroskopie / Spektrometrie; mikrobiologische Verfahren (Antikörper- oder PCR-basiert, Raman) an ausgewählten Beispielen.

#### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, Grundlagen zu Aerosolen, inklusive deren Entstehung, Bedeutung, Vorkommen und Charakterisierung widerzugeben und das erlangte Wissen anzuwenden. Die Studierenden sind in der Lage, für eine Messaufgabe im Aerosolbereich geeignete Lösungswege zu finden, Messverfahren anzuwenden und die Messergebnisse zu diskutieren, zu bewerten und daraus Schlussfolgerungen für die Relevanz der Methode und mögliche Einsatzgebiete zu ziehen.

#### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS). Die Vorlesung besteht aus einer theoretischen Wissensvermittlung in Form kumulativ dargestellter und diskutierter Kenntnisse zum Vorlesungsinhalt. Es wird das nötige Wissen durch Vorträge und Präsentationen vermittelt. Die Studierenden werden durch nachgelagerte Fragen (nach jeder Vorlesungseinheit) zum Bearbeiten von Problemen und deren Lösungsfindung angeregt. Die Studierenden lernen, innerhalb von definierten Fristen gestellte Aufgaben selbstständig zu lösen.

#### **Medienform:**

Folien, Skriptum

#### **Literatur:**

P. Kulkarni, P. Baron & K. Willeke (2011), Aerosol Measurement, Wiley, New York

#### **Modulverantwortliche(r):**

Nießner, Reinhard; Prof. Dr.

#### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI71061: Electrical and Optical Systems for Bioanalytics | Electrical and Optical Systems for Bioanalytics [Electrical and Optical Systems for Bioanalytics]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus einer Klausur (60 min), aus bewerteten schriftlichen Hausaufgaben (8-12) und aus einer mündlichen Präsentation (20 min) zu einem ausgewählten Beispiel aus der Fachliteratur. In der Klausur (Gewicht zur Gesamtnote 60%) sowie in den Hausaufgaben (Gewicht 25%) beantworten die Studierenden Verständnisfragen zu den in der Vorlesung behandelten Messprinzipien und der Dateninterpretation in der Bioanalytik. Das Beantworten der Fragen erfordert eigene Text-Formulierungen, die Anfertigung von Skizzen und Berechnungen. Durch die mündlichen Präsentation (Gewicht 15%) weisen die Studierenden ihre Fähigkeit zur fachlichen Analyse von Forschungsarbeiten aus der Bioanalytik und zur Kommunikation dieser Analyse nach.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Physik, Grundlagen der allgemeinen und organischen Chemie bzw. Biochemie; Schulwissen Biologie

#### Inhalt:

- Biochemische und zellbiologische Grundlagen
- Immunologie: Produktion und Einsatz von Antikörpern
- Photometrie
- Optische Systeme zur zellulären Analytik (Mikroskopie, Fluoreszenzdetektoren)
- Elektrophorese: Auftrennung von Biomolekülen (Proteomics, DNA-Technologien, Genomics)

- Massenspektroskopie von Biomolekülen (Metabolomics)
- Ausgewählte Einsatzmöglichkeiten in der Bioanalytik

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die wichtigsten physikalischen und biochemischen Messprinzipien, die für die Erfassung bioanalytischer Information in Forschung und in vitro Diagnostik benötigt werden zu verstehen, diese Messprinzipien auf ausgewählte Fallbeispiele der Bioanalytik anzuwenden, den informationellen Output der Bioanalytik im Hinblick auf Ziele der wissenschaftlichen Forschung und der Diagnostik von Krankheiten kritisch zu bewerten, ausgewählte Beispiele aus der Fachliteratur in selbständiger Arbeit mit dem Ziel einer fachlich adäquaten Kommunikation der dort beschriebenen Methoden und Ergebnissen zu analysieren.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

- Die Dozentin wird zunächst den Lernstoff konventionell vermitteln mit Tafel und bildgebenden Mitteln. Ausgewählte Vorlagen werden den Studierenden über moodle zur Verfügung gestellt.
- Die Studierenden sollen in Eigenarbeit (Hausaufgaben) das Thema anhand von Praxis-bezogenen schriftlichen Aufgaben bearbeiten und vertiefen.
- In einer zusätzlichen Übungsstunde bekommen die Studenten Rückmeldung zu den erledigten Aufgaben. Des Weiteren werden Studierende Gelegenheit haben, die Vermittlung von Lerninhalten zu üben, indem sie ein Referat über ein ergänzendes/vertiefendes Thema zu den Aufgaben vortragen (Student-to-student teaching).

### **Medienform:**

Präsentationen, Tafelarbeit

### **Literatur:**

- Alberts B. et al: Molecular Biology of the Cell
- Berg J. et al: Biochemistry
- Nelson D.L., Cox M.M.: Lehninger – Principles of Biochemistry
- Glaser R.: Biophysics
- Murphy K. et al.: Janeway Immunology

### **Modulverantwortliche(r):**

Hayden, Oliver; Prof. Dr. rer. nat.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### LRG0300: Mensch und Luftfahrt | Humans in Aviation

*Ergonomische Betrachtungen zur Luftfahrt*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur von 60 Minuten Dauer. In der Prüfung zeigen die Studierenden, dass sie ergonomische Aspekte in der Luftfahrt verstehen, analysieren, bewerten und mit Rücksicht auf Sicherheitsaspekte verschiedene Gestaltungsmethoden anwenden können, um den Einfluss menschlicher Fehler in verschiedenen Bereichen der Luftfahrt zu minimieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Wir empfehlen den vorausgehenden Besuch des Moduls Menschliche Zuverlässigkeit oder Arbeitswissenschaft.

#### Inhalt:

In der Luftfahrt hängt die Sicherheit entscheidend vom Zusammenwirken des Menschen mit verschiedenen Systemen ab. Der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen kommt daher eine besondere Bedeutung bei der Wahrung und Erhöhung der Sicherheit zu. Doch auch darüber hinaus gibt es vielfältige ergonomische Aspekte, die bei Entwicklung, Fertigung, Betrieb und Wartung von Luftfahrzeugen berücksichtigt werden müssen. Dieses Modul behandelt diese ergonomische Aspekte unter verschiedenen interdisziplinären Gesichtspunkten mit Schwerpunkt auf folgenden Themen:

- Menschliche Wahrnehmung im Flug und sich daraus ergebende Problemstellungen

- Entwicklung und Gestaltung von Cockpits
- Assistenzsysteme und Automatisierung
- Validierung und Verifikation in der Luftfahrt
- Ergonomie in der Flugunfalluntersuchung
- Ergonomische Herausforderungen des Flugbetriebs
- Flugsicherung und Air Traffic Services
- Herausforderungen in Wartung und Fertigung

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage

- Die Herausforderungen bzgl. Wahrnehmung und menschlicher Leistungsfähigkeit zu verstehen und zu analysieren, die sich in der Luftfahrt ergeben
- Ergonomische Gestaltungsmethoden praktisch anzuwenden
- Flugzeugcockpits und -anzeigen hinsichtlich möglicher Risiken für menschliche Fehler zu bewerten
- Methoden zur Validierung ergonomischer Aspekte in der Luftfahrt zu verstehen und anzuwenden
- Verschiedene Mechanismen zur Gewährleistung der Sicherheit in der Luftfahrt und insb. im Flugbetrieb benennen und anwenden zu können
- Den Einfluss menschlicher Fehler bei Flugunfällen auf verschiedenen Ebenen (z.B. Entwicklung, organisatorisch, operationell) zu verstehen und zu analysieren
- Ein tiefgreifendes Verständnis der Vor- und Nachteile, die sich aus dem Einsatz von Automatisierung ergeben, zu entwickeln

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung wird von einem Lehrbeauftragten aus der Luftfahrtindustrie gehalten; kleinere mündliche Übungen werden in die Vorlesung eingeflochten und von den Studierenden und dem Dozenten im Lehrgespräch gemeinsam behandelt.

### **Medienform:**

Power-Point Präsentation, schriftliche Literatur in Form wissenschaftlicher Veröffentlichungen, ggf. Exkursion

### **Literatur:**

Scheiderer, J., & Ebermann, H. J. (Eds.). (2010). Human Factors im Cockpit: Praxis sicheren Handelns für Piloten. Springer-Verlag.

Salas, E., & Maurino, D. (Eds.). (2010). Human Factors in Aviation. Academic Press.

Auf weiterführende und spezifische Literatur zu den einzelnen Veranstaltungsterminen wird in den Vorlesungsunterlagen hingewiesen.

### **Modulverantwortliche(r):**

Dr. Christoph Vernaleken / Prof. Klaus Bengler (bengler@tum.de)

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW0210: CFD-Simulation thermischer Prozesse | CFD-Simulation of Thermal Processes [CSTP]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer mündlichen Prüfung (Einzelprüfung, mündlich, etwa 30 Minuten pro Teilnehmer) wird geprüft, ob die Studierenden die vermittelten Kompetenzen auf einfache Problemstellungen anwenden können. So sollen die Studierenden beispielsweise demonstrieren, dass sie numerische Probleme (im Rahmen der Energietechnik und der thermischen Prozesse) und die jeweiligen Lösungsmethoden erkennen und anwenden können sowie eigens Problemstellungen im Bereich der CFD verstehen und durch Aufstellen einer Simulation lösen/optimieren können.

Hilfsmittel sind während der Prüfung nicht zugelassen.

Die Endnote setzt sich aus folgenden Prüfungselementen zusammen:

- 100 % mündliche Abschlussprüfung

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse der höheren Mathematik (Analysis, Algebra), Grundkenntnisse der Strömungsmechanik.

#### Inhalt:

In diesem Modul werden Kenntnisse in der numerischen Strömungssimulation über theoretische und praktische Wege vermittelt. Der Lerninhalt ist in drei Bereiche unterteilt:

1. Grundlagen der numerischen Verfahren: lineare und nichtlineare algebraische Gleichungssysteme; Optimierungsverfahren; Interpolation und Approximation; Differentiation und Integration; gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen, Differenzenverfahren, Finite-Volumen-Verfahren.
2. Numerische Strömungsmechanik: Gleichungen der Fluidmechanik; Turbulenzmodellierung; Vernetzung; Wärme- und Stoffübertragung; Mehrphasen- und Mehrkomponentenströmungen; chemisch reagierende Strömungen.
3. Computerübungen: Geometrieerstellung, Vernetzung, Simulation eines thermischen Prozesses, Simulation von Mehrkomponentenströmungen (stationär/instationär) etc.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage...

- mit den erworbenen Kenntnissen numerische Problemstellungen einzuordnen, zu bewerten und die jeweiligen Lösungsmethoden zu erkennen und anzuwenden.
- eigens Problemstellungen im Bereich der CFD zu verstehen und durch Aufstellen einer Simulation zu lösen/optimieren.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, die als Frontalunterricht mit medialer Unterstützung durch eine PowerPoint-Präsentation gehalten wird. Den Studierenden wird dadurch ein umfassender Überblick der numerischen Methoden und deren Anwendungsbereichen vermittelt. Die Vorlesungsunterlagen werden den Studierenden über die genutzten Folien zur Verfügung gestellt. Die Studierenden werden durch Übungen einen Einblick in moderne CFD-Software erhalten, die in der heutigen Forschung und Entwicklung Einsatz findet. Die praktischen Beispiele werden teils vom Vortragenden händisch gelöst oder live präsentiert. Die Rechnerübungen werden durch bereitgestellte Handzettel angeleitet und persönlich betreut. Die Studierenden sollen dabei lernen, durch die CFD-Simulation von thermischen Prozessen ein tieferes Verständnis von ingenieurtypischen Aufgaben der Energietechnik zu erlangen. Zudem lernen sie, numerische Probleme (im Rahmen der Energietechnik und der thermischen Prozesse) und die jeweiligen Lösungsmethoden zu erkennen und anzuwenden sowie eigens Problemstellungen im Bereich der CFD zu verstehen und durch Aufstellen einer Simulation zu lösen/optimieren.

### **Medienform:**

Vortrag (ggf. online), Präsentation (Skript), Handzettel, Rechnerübungen

### **Literatur:**

Moukalled, Mangani, Darwish: The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics, 2015.

Lomax, Pulliam, Zingg: Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2001

Oertel, H., Eckhart, L. Numerische Strömungsmechanik, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele, 2013.

Anderson, D.A., Tannehill, J.C., Pletcher, R.H. Computational fluidmechanics and heat transfer, 1984.

Hirsch, C., Numerical computation of internal and external flows. Volume 1: Fundamentals of numerical discretization 1992.

Wendt, J.F. (Editor) Computational fluid dynamics. An introduction, 1992.

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

CFD-Simulation thermischer Prozesse (Vorlesung, 2 SWS)

de Riese T [L], de Riese T

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1806: Zeitdiskrete Systeme und Abtastregelung | Discrete-Time Systems and Control

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 45	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung ist schriftlich (Klausur, Bearbeitungsdauer 60 min) und deckt die drei Themenbereiche Abtastung im Regelkreis, Zeitdiskrete Regelung und Digitale Simulation ab. Anhand von Aufgaben im Stile der Übungen zeigen die Studierenden, dass sie die erforderlichen Berechnungen für das Aufstellen zeitdiskreter Systemmodelle, für deren Analyse und für die Regelungssynthese beherrschen. Sie zeigen weiterhin ihre Kenntnis über grundlegende Eigenschaften von Abtasts(regelungs)systemen und numerische Integrationsverfahren. Bis zu 20% der Prüfungspunkte fallen auf Fragen, die durch Ankreuzen der richtigen Antwortalternative zu beantworten sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Für die Teilnahme am Modul ist die Kenntnis von Zustandsraummethoden zur Modellierung und Regelung, wie sie z.B. Gegenstand der Module

- Systemtheorie in der Mechatronik
- Moderne Methoden der Regelungstechnik I

sind, von Vorteil.

#### Inhalt:

Abtastung im Regelkreis

- Mathematische Werkzeuge (Fourier-Reihe und -Transformation)
- Analyse des Abtastvorgangs
- Abtasttheorem
- Übertragungsfunktion von Abtastsystemen, z-Transformation

#### Zeitdiskrete Regelung

- Zustandsraumdarstellung von Abtastsystemen
- Stabilität und Steuerbarkeit
- Zustandsreglerentwurf durch Eigenwertvorgabe und zeitdiskrete Optimalregelung

#### Digitale Simulation

- Grundbegriffe der numerischen Integration
- Runge-Kutta-Einschrittverfahren
- Strukturerehaltende numerische Integration für Hamiltonsche Systeme

#### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage, die Umwandlung von analogen in digitale Signale und umgekehrt im Rahmen der Abtastung im Regelkreis mathematisch zu beschreiben. Sie kennen das Shannon'sche Abtasttheorem und dessen Implikationen für die Signalrekonstruktion.

Sie können Übertragungsfunktionen und Zustandsraummodelle linearer zeitinvarianter Systeme diskretisieren und sie im Hinblick auf für die Regelung relevante Systemeigenschaften analysieren. Die Studierenden können zeitdiskrete Zustandsregelungen mittels Eigenwertvorgabe, endlicher Einstellzeit und der Minimierung quadratischer Gütemaße entwerfen.

Die Studierenden verstehen mit Konsistenz, Konvergenz und numerischer Stabilität die wesentlichen Grundbegriffe numerischer Integrationsverfahren für Differentialgleichungssysteme und können Runge-Kutta-Einschrittverfahren computergestützt implementieren. Sie können Maßnahmen nennen, die zu einer Verringerung des Approximationsfehlers führen. Sie können die Erhaltungseigenschaft symplektischer Integratoren für Hamiltonsche Systeme erklären und Beispiele für symplektische Integrationsverfahren nennen.

#### **Lehr- und Lernmethoden:**

\*\*\* Sommersemester 2020 - Vorlesung und Übung werden als Online-Videokurse angeboten ([moodle.tum.de](https://moodle.tum.de)). \*\*\*

Das Modul besteht aus den wöchentlichen Lehrveranstaltungen Vorlesung (90 Minuten) und Übung (45 Minuten) mit Tafelanschrieb als der überwiegenden Lehrmethode. Die Herleitungen, etwa zur mathematischen Beschreibung des Abtastvorgangs im Zeitkontinuierlichen und -diskreten oder zur Lösung des zeitdiskreten Optimalreglerproblems werden so schrittweise entwickelt. Folien bzw. Beiblätter werden stellenweise ergänzend eingesetzt, etwa zur Wiederholung/Auffrischung bereits behandelter Lerninhalte. Ein Vorlesungsmanuskript steht den Studierenden zur Vor- und Nachbereitung der Vorlesung zur Verfügung. Um die Übungsbeispiele zu Abtastung und

zeitdiskreter Regelung zu illustrieren und das Verständnis für numerische Integrationsverfahren für Differentialgleichungssysteme zu schärfen, werden in Vorlesung und Übung konkrete python-Beispiele eingesetzt.“

**Medienform:**

Tafelanschrieb, Skript und Beiblätter. Vorlesung und Übung werden durch python-Beispiele ergänzt. Alle Unterlagen stehen unter moodle.tum.de zum Download zur Verfügung.

**Literatur:**

Weiterführende Literatur zu digitaler Regelung:

[1] Lunze, J.: Regelungstechnik Bd. 2 (Mehrgrößensysteme, Digitale Regelung). – 10. überarb. u. aktualisierte Aufl. – Berlin: Springer, 2020. - ISBN 9783662607602

In der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-60760-2>

[2] Paraskevopoulos, P. N.: Digital Control Systems, London (u.a.): Prentice Hall, 1996. – XV, 383 S. – ISBN 0133418766.

in der TUM Bibliothek vorhanden

[3] Ackermann, J.: Abtastregelung, 3. Aufl. – XIV, 478 S. - Berlin (u.a.): Springer, 1988. - ISBN 9783662055755

In der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-05575-5>

Ausgewählte Lehrbücher, die das Thema numerische Integration enthalten:

[4] Meyberg, K., Vachenaer, P.: Höhere Mathematik Vol. 2: Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Fourier-Analyse, Variationsrechnung. – 4., korrigierte Aufl. – XIII, 457 S. - Berlin: Springer, 2006. ISBN 9783540418511

An der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-56655-4>

[5] Gekeler, E. W.: Mathematische Methoden zur Mechanik. – 2. überarb. U. erg. Aufl. – Heidelberg (u.a.): Springer, 2010. – ISBN 9783642142529

An der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14253-6>

[6] Schwarz, H. R., Köckler, N.: Numerische Mathematik. – 8., aktualisierte Aufl. – Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2011. – ISBN 9783834815514

An der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter  
<https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8166-3>

Literatur zu strukturerhaltenden Integrationsverfahren:

[7] Leimkuhler, B., Reich, S: Simulating Hamiltonian Dynamics. – Cambridge (u.a.): Cambridge University Press, 2004. – XVI, 379 S. – ISBN 0521772907

An der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511614118>

[8] Hairer, E., Lubich, Ch., Wanner, G.: Geometric Numerical Integration: Structure-Preserving Algorithms for Ordinary Differential Equations.- 2. Ed. – Berlin: Springer Science & Business Media, 2006. – XVII, 644 S. – ISBN 9783540306634

An der TUM Bibliothek auch als E-Book vorhanden unter <https://doi.org/10.1007/3-540-30666-8>

Dokumentation zu python

[9] <https://docs.python.org/3/>

**Modulverantwortliche(r):**

Kotyczka, Paul; PD Dr.-Ing. habil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2185: Stromnetze | Power Grids [SN]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung wird mündlich abgehalten und hat eine Dauer von ca. 30 Minuten je Prüfungskandidat. Dabei wird abgeprüft, dass die Studierenden die technologischen Grundlagen zu Stromnetzen verstanden haben. Weiterhin zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind Anforderungen, Risiken und Möglichkeiten der Regulierung und von Wettbewerbsanreizen für die Energienetze und heutigen sowie zukünftigen Energiemärkte zu erkennen, anzuwenden und abzuschätzen. Zudem wird das Verständnis zu verschiedenen Regulierungsmethoden abgefragt und dadurch die Möglichkeiten und Grenzen der Einflussnahme des Regulators auf zukünftige Entwicklungen abgeprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in Kraftwerkstechnik, Elektrotechnik und betriebswirtschaftliche Zusammenhänge

#### Inhalt:

- 1) Nationale elektrische Energieversorgung im Überblick
- 2) Physikalisch-mathematische Grundlagen
- 3) Elektrotechnische Grundlagen
- 4) Technische elektrische Energieversorgungssysteme
- 5) Technische Komponenten der Stromnetze
- 6) Grundlagen der Stromnetzregulierung
- 7) Regulierungssysteme
- 8) Europäische Regulierungspraxis



- 9) Deutsche Regulierungspraxis
- 10) Systemrisiken
- 11) Reduktion von Systemrisiken und Nachhaltigkeit
- 12) Stromversorgungssystem der Zukunft

**Lernergebnisse:**

Nach Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage

- die Struktur der Stromversorgung in Abhängigkeit der technischen, wirtschaftlichen und politischen Randbedingungen zu verstehen
- ihre Kenntnisse zum Aufbau der Netze auf die möglichen Innovationen und zukünftigen Anforderungen anzuwenden
- die Anwendung einer Mehrzahl von Modellen zur Regulierung zu analysieren
- die Risiken zu bewerten, die für eine sichere elektrische Energieversorgung bestehen
- aus den Risiken und Randbedingungen eigene Ideen und zukünftige Umsetzungsmöglichkeiten zu entwickeln

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Inhalte anhand von Vorträgen basierend auf PowerPoint Präsentationen vermittelt, wodurch insbesondere die Grundlagen zur aktuellen Struktur von Stromnetzen sowie die zugehörigen technischen, wirtschaftlichen und politischen Randbedingungen zur Sicherstellung der Versorgung detailliert erläutert werden. Hierfür werden Karten, Übersichtspläne und Illustrationen realer Anlagen vorgestellt. Weiterhin werden dabei mögliche und angewandte Regulierungsmodelle vor dem Hintergrund von Versorgungsrisiken und möglichen zukünftigen Innovationen vorgestellt und erklärt. Die über moodle vorab zur Verfügung gestellten PDF-Dateien der PowerPoint Präsentationen dienen dabei als Grundgerüst der Vorlesung, welches durch Tafelanschriften vertieft und ergänzt wird. Durch Ergänzungen der eigenen Unterlagen während der Vorlesungen wird ein effektives Nachbereiten der Vorlesung ermöglicht.

**Medienform:**

Vorträge, Präsentationen (pdf-Dateien online auf moodle verfügbar), Laptop, Beamer

**Literatur:**

- Bundesnetzagentur (BNetzA): Homepage
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft: Homepage
- Dyckhoff: Produktionstheorie, 5. Auflage, Springer, 2006
- Ehricke: Energierecht, 17. Auflage, Nomos, 2017
- Jackson: Klassische Elektrodynamik, 5. Auflage, De Gruyter, 2014
- Meyberg; Vachenhauer: Höhere Mathematik 1 und 2, 6. Auflage, Springer, 2010
- Oeding; Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze, 7. Auflage, Springer, 2011

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2227: A Practical Course in Numerical Methods for Engineers | A Practical Course in Numerical Methods for Engineers

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<b>Präsenzstunden:</b> 45

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Übungsleistung, bestehend aus zehn Übungsblättern und Hausaufgaben. Diese werden von den Studierenden begleitend zur Lehrveranstaltung bearbeitet. In zwei mündlichen Tests am Rechner wird die Bearbeitung der Aufgaben stichprobenartig überprüft. Durch die Aufgaben sollen die Studierenden zeigen, dass sie die wichtigsten numerischen Algorithmen mithilfe von Matlab praktisch umsetzen können sowie geeignete Verfahren selbstständig auf weitere Problemstellungen wenden können. Die Modulnote ergibt sich aus dem Mittelwert der zwei benoteten Tests.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Inhalte der Vorlesung Numerische Methoden für Ingenieure (oder einer vergleichbaren Veranstaltung) werden vorausgesetzt. Der Aufbau ermöglicht es, diese Veranstaltung parallel zur Vorlesung Numerische Methoden für Ingenieure zu hören.

#### Inhalt:

Ziel der Veranstaltung ist die praktische Anwendung der grundlegenden numerischen Methoden im Ingenieurwesen anhand ausgewählter Problemstellungen.

Analog zur Gliederung der Vorlesung Numerische Methoden für Ingenieure des Lehrstuhls werden nach einer

(1) Einführung in die numerischen Methoden und Matlab,

Problemstellungen aus folgenden Themenbereichen bearbeitet:

- (2) Interpolation und Approximation,
- (3) Numerische Differentiation und Integration,
- (4) Numerische Lösung von Anfangswertproblemen,
- (5) Approximation von Eigenwerten,
- (6) Einführung in die Methode der Finiten Elemente,
- (7) Grundlagen der linearen Algebra,
- (8) Lösung von linearen Gleichungssystemen: direkt und iterativ, und
- (9) Lösung von nichtlinearen Gleichungssystemen.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die wichtigsten numerischen Algorithmen mithilfe von Matlab praktisch umzusetzen. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen sind sie weiterhin in der Lage, geeignete Verfahren auszuwählen und diese selbstständig auf weitere Problemstellungen anzuwenden.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit Übungen. Während der Lehrveranstaltung erfolgt jeweils ein einstündiger PowerPoint Vortrag mit kurzer Einführung in die theoretischen Grundlagen des jeweiligen Themengebiets und die Präsentation der Aufgabenstellung. Die Studierenden bearbeiten anschließend selbstständig die wöchentlichen Aufgaben. Die Ausarbeitung erfolgt dann selbstständig in der folgenden Woche am Studenten-eigenen Notebook bzw. am Rechner des Lehrstuhls. Die Studierenden sollen so lernen, die wichtigsten numerischen Algorithmen mithilfe von Matlab praktisch umzusetzen sowie geeignete Verfahren selbstständig auf weitere Problemstellungen anzuwenden. Zur Klärung hierbei auftretender Fragen werden zusätzliche wöchentliche Termine mit der/dem Übungsleiter(in) sowie Tutoren angeboten.

### **Medienform:**

Präsentation mit Tablet, Lernmaterialien und Aufgabenstellungen auf Lernplattform, Rechnerübungen (an Studenten-eigenen Notebooks bzw. Rechnern des Lehrstuhls)

### **Literatur:**

Lückenskript zur Vorlesung Numerische Methoden für Ingenieure, Liste mit weiteren Literaturhinweisen im Skript

### **Modulverantwortliche(r):**

Kronbichler, Martin; Ph.D.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

A Practical Course in Numerical Methods for Engineers (MW2227) (Vorlesung, 3 SWS)

Kronbichler M, Wall W, Wirthl B

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2393: Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren | Multi-step Additive Manufacturing [Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren]

-

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur erbracht. Die Studierenden sollen damit beispielsweise nachweisen, dass sie die Verfahren und Herangehensweisen bei der indirekten Fertigung abrufen und aufzählen, Ähnlichkeiten und gemeinsamen Basistechnologien gegenüberstellen und Datenketten in der Additiven Fertigung reproduzieren und Änderungen an diesen implementieren können. Ebenso soll anhand von praktischen Beispielen gezeigt werden, dass sie in der Lage sind die gegebenen Informationen zu nutzen, um eine spezifische Fertigungsaufgabe durch mehrstufige additive Prozesse technologisch sinnvoll und wirtschaftlich zu lösen. Die Fragen erfordern eigene Formulierungen und erläuternde Skizzen. Die Prüfung dauert 90 Minuten, als Hilfsmittel ist ein Taschenrechner erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundstudium Maschinenwesen oder vergleichbar

#### Inhalt:

- 1 Grundlagen der Additiven Fertigung
- 2 Werkstoffe und Werkstoffzustände
- 3 Prozesse der Werkstoffbildung
- 4 Datenketten im Additiv Manufacturing
- 5 Prozesse der Additiven Fertigung

- 6 Prozessmanipulatoren
- 7 Merkmale von Am-Produktionsmaschinen
- 8 Indirekte Prozessketten
- 9 Metallgießverfahren im AM
- 10 Formen und Topologieoptimierung
- 11 Fallstudien

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage die wichtigsten Fertigungsverfahren mit den zugehörigen Prozessen im Bereich der Additiven Fertigung wiederzugeben und darzulegen. Dabei verstehen sie die Ähnlichkeiten und die gemeinsamen Basistechnologien und können diese gegenüberstellen. Die Studierenden erwerben ein breiten Überblick über verschiedene Werkstoffe und können die jeweils charakteristischen Merkmale auflisten. Zusätzlich können die Studierenden die Datenkette in der Additiven Fertigung reproduzieren und können Änderungen an dieser implementieren. Je nach Aufgabenstellung können sie beurteilen welches Verfahren das Mittel der Wahl ist und welche Prozesskette wirtschaftlich ist. Mit dem erlernten Wissen ist es ihnen möglich Fertigungsprozesse zu planen und das von ihnen gewählte Vorgehen zu rechtfertigen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Grundlagen zu Fertigungsverfahren mit den dazugehörigen Prozessen der Additiven Fertigung anhand von PowerPoint Präsentationen erläutert. Die Studierenden erhalten somit ein tiefgehendes Verständnis zu dieser Thematik, und die Befähigung Ähnlichkeiten und gemeinsame Basistechnologien gegenüber zustellen. Durch gezielte Erläuterungen mittels Tafelanschriften zu Datenketten in der Additiven Fertigung lernen sie diese zu reproduzieren und Änderungen an diesen zu implementieren. Das zur Verfügung gestellte Skript/die zur Verfügung gestellten Vorlesungsfolien/handschriftliche Notizen dienen den Studierenden zur Nachbereitung dieser Aspekte und zum Eigenstudium, um beispielsweise beurteilen zu können, welches Verfahren das Mittel der Wahl ist und welche Prozesskette wirtschaftlich ist. Die während der Vorlesung gezeigten Filme dienen dazu praktische Ausführungsformen von mehrstufigen Verfahren schnell und in Gänze begreifbar zu machen.

### **Medienform:**

PowerPoint, Tafelarbeit, Filme

### **Literatur:**

Gebhardt, A. (2017). Additive Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping-Tooling-Produktion. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Zäh, M. F. (Ed.). (2013). Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien: Anwender-Leitfaden zur Auswahl geeigneter Verfahren. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Daniel Günther and Florian Mögele (July 13th 2016). Additive Manufacturing of Casting Tools Using Powder-Binder- Jetting Technology, New Trends in 3D Printing Igor Shishkovsky,

IntechOpen, DOI: 10.5772/62532. Available from: <https://www.intechopen.com/books/new-trends-in-3d-printing/additive-manufacturing-of-casting-tools-using-powder-binder-jetting-technology>

Teizer, J., Blickle, A., König, M., Mattern, H., Leitzbach, O., King, T., & Guenther, D. 3D-Druck im Sonderschalungsbau.

Polzin, C., Seitz, H., Ederer, I., & Günther, D. (2014, July). 3D-Drucken von Aluminiumoxid- und Siliziumkarbidkeramiken. In RTejournal-Forum für Rapid Technologie (Vol. 2014, No. 1).

**Modulverantwortliche(r):**

Volk, Wolfram; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren (Vorlesung, 2 SWS)

Volk W [L], Günther D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2396: Signalverarbeitung in der Vibroakustik | Vibro-acoustic Signal Processing

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung wird in Abhängigkeit der Teilnehmerzahl als schriftliche Klausur (60min) oder als mündliche Prüfung (20 min) abgehalten. Die Entscheidung wird am Semesteranfang gefällt. Eine Wiederholung ist erst im Rahmen der nächsten Durchführung der Lehrveranstaltung möglich. In der Prüfung weisen die Studierenden nach, dass sie die lineare Systemtheorie kennen und auf die Akustik und Schwingungstechnik anwenden können. Im Speziellen werden die Themen Grundlagen der Systemtheorie, Fouriertransformation, Fenstern und Filtern, verschiedene Formen von Spektren und ihre Analyse, Grundlagen der Schwingungs- und Körperschallanalyse, Bewertung von akustischen Größen im Frequenzbereich und ihre Anwendung sowie diskrete Signalverarbeitung geprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Mathematik (komplexe Zahlen und partielle Differentialgleichungen)  
Grundlagen in Mechanik, Akustik und Regelungstechnik von Vorteil aber nicht Voraussetzung

#### Inhalt:

Im Rahmen der Lehrveranstaltung werden die theoretischen Grundlagen der wichtigsten Analyseverfahren in der Akustik und Schwingungstechnik erarbeitet und anhand von industriellen Anwendungen und alltäglichen Themen erläutert.

Die einzelnen Themen werden anhand von z.B. folgenden Fragen eingeführt und dann tiefer gelegt:



- Was steckt hinter den dB(A) Labels auf vielen Maschinen?
- Was hat die .mp3 Komprimierung mit dem nichtlinearen Verhalten des menschlichen Ohres zu tun?
- Kann ich eine komplexe vibroakustische Gesamtfahrzeugsimulation ohne Fehler in Teilrechnungen zerlegen?
- Wie funktioniert eine akustische Kamera?
- Welches Fenster verwende ich beim Messen von Beschleunigungssignalen?
- Wie kann ein Dolby-Verstärker den "Klang" meines Wohnzimmers berücksichtigen?
- Wie funktioniert eine Transferpfadanalyse und wo sind ihre Grenzen?
- Warum klingt ein 'a' auf der Geige anders als bei der Orgel?

Hierzu gliedert sich die Lehrveranstaltung in folgende Blöcke:

- Grundlagen der linearen Systeme und der Fouriertransformation
- Allgemeine Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich
- Signalverarbeitung in der Schwingungstechnik
- Signalverarbeitung in der Akustik
- Spezielle Anwendungen
- Grundlagen der diskreten Signalverarbeitung

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Veranstaltung Signalverarbeitung in der Vibroakustik sind die teilnehmenden Studierenden in der Lage:

- Die Motivation hinter der Signalverarbeitung in der Schwingungstechnik und Akustik zu identifizieren
- Anwendungen im Bereich Auralisation – Superposition, Transferpfadanalyse, HRTF (Kunstkopf) beschreiben zu können
- Fensterfunktionen und Filterungen durchzuführen
- Die Grundlagen der Systemtheorie anzuwenden und durch sie Signalverarbeitungsaufgaben und Maßnahmen in linearen Simulationen bewerten zu können
- Kontinuierliche und diskrete Fourieranalysen auszuführen und ihre Ergebnisse zu klassifizieren
- Darstellungen in der Akustik wie linear, logarithmisch und dB-Pegel zu bewerten
- Spektren, Spektrogramme, Ordnungsspektren und Übertragungsfunktionen zu beurteilen

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Anhand von Fragestellung aus der industriellen Praxis und dem Alltag werden die einzelnen Themen eingeführt und anschließend die Theorie dahinter erläutert und diskutiert.

Hierzu werden während der Vorlesung die Formeln an der Tafel entwickelt und analysiert.

Begleitend hierzu werden Beispiele und Anwendungen per Laptop und Beamer gezeigt.

Ergänzend wird mit kostenlosen Online-Angeboten und Apps gearbeitet, die die Verfahren verwenden. So lernen die Studierenden beispielsweise die Grundlagen der Systemtheorie

anzuwenden und sie durch Signalverarbeitungsaufgaben und Maßnahmen in linearen Simulationen bewerten zu können sowie Spektren, Spektrogramme, Ordnungsspektren und Übertragungsfunktionen zu beurteilen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer, Tafelanschrieb, kostenlose Online-Angebote und Apps, Diskussion

**Literatur:**

Wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Marburg, Steffen; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Signalverarbeitung in der Vibroakustik (Vorlesung, 2 SWS)

Marburg S [L], Luegmair M, Baydoun-Hidding S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2445: Machine-Learning-basierte Modellierung in der Strukturodynamik | Machine Learning Based Modeling in Structural Dynamics [MLM]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung wird in Abhängigkeit der Teilnehmerzahl als schriftliche Klausur (60min) oder als mündliche Prüfung (20 min) abgehalten. Erlaubtes Hilfsmittel ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner. Die Entscheidung wird am Semesteranfang gefällt. Eine Wiederholung ist erst im Rahmen der nächsten Durchführung der Lehrveranstaltung möglich. Mit der Klausur wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte von ML-Modellierung verstehen, sowie Lösungen zu konkreten Anwendungsproblemen in dem Ingenieurbereich mittels numerischer Verfahren aufzeigen können. In der Prüfung müssen die Studierenden nachweisen, dass sie das Grundkonzept der ML-Modellierung und -Anwendung kennen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Technische Mechanik, Mathematik und Statistik (B.Sc. Niveau)

#### Inhalt:

Im Ingenieurwesen, insbesondere in der Strukturodynamik und der Vibroakustik, müssen häufig Modelle erstellt werden, um das Ein- / Ausgabeverhalten des Systems zu untersuchen. In einem herkömmlichen Modellierungsprozess wird versucht, Ergebnisse aus Eingaben mit einem Rechenmodell unter bestimmten "Regeln" zu erhalten. Die Modelle können z.B. Gleichungen oder Finite-Elemente-Modell sein. Dieses Verfahren kann jedoch im Hinblick auf die Rechenzeit sehr kostspielig sein, insbesondere für große Systeme. Die Verfügbarkeit großer Datenmengen

bei vielen technischen Problemen und Hochleistungsrechnern bietet heute die Möglichkeit, neue numerische Algorithmen als Alternative zu solchen teuren Modellen zu entwickeln. Bei auf Maschinellem Lernen (ML) basierenden Modellen wird versucht, die "Regeln" oder Ersatzmodelle für die Vorhersage des Systemverhaltens von Daten zu entdecken - ohne explizite Kenntnis des physikalischen Verhaltens des Systems. Tatsächlich befasst sich die ML mit einer Untergruppe künstlicher Intelligenz, um ein mathematisches Modell von Probandaten zu erstellen, die als Trainingsdaten bekannt sind, um Vorhersagen zu treffen.

- Einführung in der Lineare Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie
- Fundamental von Data-Driven Modellierung
- Spektrale Zerlegung
- Hauptkomponentenanalyse
- Singulärwertzerlegung
- Reduzierung der Modellordnung
- Dynamische Modezerlegung
- Künstliche neuronale Netz
- Deep Learning
- Anwendungen

#### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die mathematischen und numerischen Verfahren für die Entwicklung von ML-Modellen im Ingenieurwesen, insbesondere in der Strukturmechanik, anzuwenden. Sie können die praktischen Methoden aus allen Bereichen des Ingenieurwesens und der Naturwissenschaften anwenden, insbesondere im Maschinen- und Tiefbau sowie in der Industrie. Darüber hinaus können die Studierenden die Möglichkeiten und Grenzen der ML-basierten Modellierung erfassen.

#### **Lehr- und Lernmethoden:**

Die Lehrveranstaltung wird teils als Vorlesung und teils als Übung abgehalten. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen zur maschinell lernbasierten Modellierung in der Strukturmechanik anhand von Vortrag und Anschrieb mittels Tablet PC und Beamer vermittelt. Das Skript zu den Vorlesungen und Übungen werden bei TUM-Moodle hochgeladen. Die Übung wird als Rechenübung abgehalten. Für diesen Zweck werden Aufgaben gestellt, deren Lösung in der Übung mit dem Übungsleiter diskutiert werden. Dabei ist die Übung so angelegt, dass in den meisten Fällen die Aufgaben durch die Studierenden bereits in der Vorbereitung der Übung gelöst werden und in der Übung lediglich offene Fragen geklärt werden. Für die Aufgaben ist es sinnvoll, die Lösungen numerisch mit MATLAB und ANSYS zu visualisieren. So lernen die Studierenden, mathematischen und numerischen Verfahren für die Entwicklung von ML-Modellen im Ingenieurwesen, insbesondere in der Strukturmechanik, anzuwenden sowie die Möglichkeiten und Grenzen der ML-basierten Modellierung zu erfassen.

#### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer, Tafelanschrieb

**Literatur:**

- Machine Learning and Artificial Intelligence, Ameet V Joshi, Springer, 2020.
- Deep Learning. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, 2016.
- The Elements of Statistical Learning: Data mining, Inference and Prediction. Hastie, Tibshirani, Friedman, 2009.
- Artificial Intelligence: A Modern Approach. Russel, 2020.
- MATLAB Deep Learning: With Machine Learning, Neural Networks and Artificial Intelligence, 2017.

**Modulverantwortliche(r):**

Marburg, Steffen; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2446: Digital Ergonomics | Digital Ergonomics [Digital Ergonomics]

*Virtuelle Planung, Gestaltung und Optimierung von Arbeitsprozessen, Arbeitsplätzen und Produkten*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 181	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<b>Präsenzstunden:</b> 76

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Projektarbeit. Diese besteht erstens aus einem 30-minütigen Test (schriftlich), zweitens aus der Bearbeitung des Projektes und drittens aus einem wiss. Artikel im Umfang von max. 5 DIN A4-Seiten. Im Test demonstrieren die Studierenden, dass sie in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel z. B. die Möglichkeiten der digitalen Menschmodellierung erläutern können oder die Grundlagen zur ergonomischen Arbeitsplatzbewertung mittels verschiedener Methoden (z.B. LMM, MTM, EAWS, etc.) anwenden können. Im Zuge der Projektbearbeitung weisen die Studierenden nach, dass sie im Team eine ergonomische Fragestellung praktisch bearbeiten und die Software *ema Work Designer* (*ema*=Editor Menschlicher Arbeit) zur ergonomischen Planung von Arbeitsplätzen (Produktion, Büro) einsetzen und anwenden können. Weiterhin zeigen sie, dass sie durch die Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten in Form eines wissenschaftlichen Artikels (engl. paper) (schriftlich), die Methoden und Konzepte zum Paper Writing anwenden sowie die erarbeiteten Ergebnisse beurteilen können.

Die Prüfungsleistungen werden wie folgt verrechnet:

$0,25 \cdot \text{Test} + 0,5 \cdot \text{Paper} + 0,25 \cdot \text{Projektbearbeitung (mit Software)}$

Alle Teilleistungen müssen mit mind. 4,0 bestanden werden.

Im Falle einer Wiederholung im darauffolgenden Sommersemester müssen alle Leistungen wieder erbracht werden.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform (30-minütiger

Test) auf eine elektronischen (Fern-)Prüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

### **Wiederholungsmöglichkeit:**

### **(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Der Besuch der Veranstaltung Arbeitswissenschaft/Ergonomics und Produktionsergonomie sind empfohlen, jedoch nicht zwingend erforderlich.

### **Inhalt:**

In diesem Modul wird die virtuelle Planung, Gestaltung und Optimierung von Arbeitsprozessen, Arbeitsplätzen und Produkten in Bezug auf eine ergonomische Auslegung vermittelt. Dazu werden im ersten Teil (Theorie) zunächst die organisatorischen Aspekte der Veranstaltung besprochen, bevor die theoretischen Inhalte folgen. Im Theorieteil werden in Bezug auf Arbeitsplätze allgemeine Informationen zur Auslegung und Optimierung von Arbeitsplätzen gegeben. Des Weiteren werden Tools wie LMM, MTM und EAWS vorgestellt und deren Grundlagen, Vor- und Nachteile für den Einsatz besprochen. Ein Überblick zu digitalen Menschmodellen wird ebenso gegeben und Empfehlungen für unterschiedliche Fragestellungen gegeben. Die für die Zusammenfassung der Ergebnisse der Projektarbeit (zweiter Teil Praxis) notwendigen Informationen zur Erstellung von wissenschaftlichen Publikationen werden ebenso behandelt, wobei auch auf die Richtlinien der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zur guten wissenschaftlichen Praxis eingegangen wird. Der zweite Teil befasst sich mit der praktischen Anwendung der Software „ema Work Designer“. Es erfolgt eine Einführung in die Software, die Bedienung wird erlernt. Webinare unterstützen die Wiederholung des Erlernten und anhand von Beispielen wird die Software im Rahmen der Projektarbeit angewendet.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage mit den vorgestellten Theorie- und Praxisinhalten

- 1) die Grundlagen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und -bewertung sowie die Anwendung von digitalen Menschmodellen zu erläutern
- 2) die Grundlagen der Bedienung der Software „ema Work Designer“ zu beherrschen
- 3) die Software „ema Work Designer“ für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung anhand eines Beispiels für spezielle Fragestellungen anzuwenden
- 4) mithilfe der Software „ema Work Designer“ eine Arbeitsplatzbewertung hinsichtlich MTM und EAWS durchzuführen
- 5) die erarbeiteten Ergebnisse zu interpretieren.
- 6) Informationen zum Paper Writing anzuwenden.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul „Digital Ergonomics“ beinhaltet das gleichnamige Seminar, wobei dieses eingeteilt ist in einen Theorieteil und einen Praxisteil.

Der theoretische Teil des Seminars erfolgt anhand eines Vortrags bzw. einer Präsentation. Damit werden u. a. die Grundlagen zur Arbeitsplatzgestaltung und -bewertung (LMM, MTM, EAWS) besprochen. Zudem wird der Einsatz digitaler Menschmodelle für die Planung, Gestaltung und Optimierung vorgestellt. Informationen zum Paper Writing werden gegeben.

Im praktischen Teil werden einerseits die Grundlagen der Software „ema Work Designer“ erarbeitet und deren Anwendung erlernt. Praxisnahe Fallbeispiele hinsichtlich der Planung, Gestaltung und Optimierung von Arbeitsprozessen, Arbeitsplätzen und Produkten runden das Seminar ab. Gleichzeitig werden Webinare mit Kurzanleitungen zur Bedienung der Software zur Verfügung gestellt, die während des Semesters zur Wiederholung und zum Eigenstudium immer wieder digital abgerufen werden können. Der praktische Teil beinhaltet außerdem die Projektarbeit. Dabei werden die vermittelten Methoden und Konzepte aus dem Seminar vertieft und anhand von Beispielen angewendet. Die Studierenden erlernen so durch ihre aktive Teilnahme die Anwendung der Software „ema Work Designer“ in Form einer eigenen Arbeitsplatzgestaltung und -bewertung. Die Ergebnisse werden in Form eines Papers zusammengefasst.

### **Medienform:**

Power-Point-Präsentation, Webinar, Software-Anwendung, PC

### **Literatur:**

Schlick, C. et al. (2010). Arbeitswissenschaft. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.

Schaub, K.; Caragnano, G.; Britzke, B.; Bruder, R. (2012): The European Assembly Worksheet. Theoretical Issues in Ergonomics Science. DOI:10.1080/1463922X.2012.678283. 2012. S. 2-5.

### **Modulverantwortliche(r):**

Bengler, Klaus; Prof. Dr. phil.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Digital Ergonomics (Seminar, 5 SWS)

Knott V [L], Knott V

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### MW2452: Finite Elemente in der Fluidmechanik | Finite Elements in Fluid Mechanics [FEF]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In der zweiteiligen schriftlichen Klausur (insgesamt 60 min, erlaubte Hilfsmittel: im ersten Teil (30 min) keine, im zweiten Teil (30 min) Vorlesungsunterlagen in ausgedruckter, selbst geschriebener oder zusammengefasster Form sowie ein nicht-programmierbarer Taschenrechner) am Ende des Semesters werden die Lernergebnisse in den verschiedenen Themengebieten des Moduls abgeprüft. Anhand von Verständnis- und Rechenaufgaben wird überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind Finite-Element-Methoden für Problemstellungen der Fluidmechanik anzuwenden und die speziellen Herausforderungen sowie die Möglichkeiten zur Entwicklung entsprechender Methoden kennen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse aus den Modulen Finite Elemente und Fluidmechanik sind hilfreich für dieses Modul; es werden jedoch am Anfang der Vorlesung die wichtigsten Grundlagen aus diesen beiden Modulen für dieses Modul dargestellt.

#### Inhalt:

Ziel dieser Lehrveranstaltung ist die Vermittlung der Grundlagen für die Entwicklung von Finite-Element-Methoden für die Simulation von stationären und zeitabhängigen Konvektions-Diffusions-Vorgängen und inkompressiblen Strömungen. Nach einer kurzen Darstellung der Grundlagen sowohl bezüglich der Fluidmechanik als auch der Finite-Element-Methode werden hierbei fundamentale Probleme und Techniken zu deren Lösung zunächst für die Konvektions-Diffusions-

Gleichung erläutert, bevor anschließend zum komplexeren System der Navier-Stokes-Gleichungen übergegangen wird. Der Inhalt gliedert sich in die folgenden vier Kapitel: (1) Grundlagen, (2) Stationäre Konvektions-Diffusions-Gleichung, (3) Instationäre Konvektions-Diffusions-Gleichung, (4) Inkompressible Navier-Stokes-Gleichungen

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Finite Elemente in der Fluidmechanik sind die Studierenden mit der Anwendung von Finite-Element-Methoden für Problemstellungen der Fluidmechanik vertraut. Sie kennen die speziellen Herausforderungen, die durch die mathematisch-physikalischen Aspekte solcher fluidmechanischer Problemstellungen hervorgerufen werden, und insbesondere die Möglichkeiten zur Entwicklung entsprechender Methoden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Lehrveranstaltung, in der zunächst die theoretischen Grundlagen als Vorlesung (Vortrag) erläutert werden. Wichtige Aspekte werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. So lernen die Studierenden die theoretischen Grundlagen und die speziellen Herausforderungen, die durch die mathematisch-physikalischen Aspekte solcher fluidmechanischer Problemstellungen hervorgerufen werden kennen. An thematisch passenden Stellen werden im Rahmen dieser Lehrveranstaltung Beispielaufgaben sowohl als Tablet-PC-Anschrieb als auch am Rechner vorgerechnet, die u. a. dazu dienen, weitere (Haus)übungsaufgaben freiwillig bearbeiten zu können. So sollen die Studierenden die Anwendung von Finite-Element-Methoden für Problemstellungen der Fluidmechanik sowie die Möglichkeiten zur Entwicklung entsprechender Methoden lernen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Tablet-PC, Lückenskript in Vorlesung, Lernmaterialien auf Lernplattform, Rechnerübung (je nach Teilnehmerzahl entweder im Lehrstuhl-eigenen Red Pool oder mit Studenten-eigenen Notebooks im Hörsaal)

**Literatur:**

Lückenskript zur Vorlesung, Literaturempfehlung: J. Donea, A. Huerta.: "Finite Element Methods for Flow Problems", Wiley, 2003, Liste mit weiteren Literaturhinweisen im Skript

**Modulverantwortliche(r):**

Wall, Wolfgang A.; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2454: Gefügemodifikation durch Additive Fertigung | Microstructural Modifications in Additive Manufacturing

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus einer 60-minütigen, schriftlichen Klausur bestehend aus Kurzfragen und Rechenaufgaben, in der Studierende nachweisen, dass sie ein fundiertes Wissen über die Additive Fertigung und die Anisotropie im Materialverhalten besitzen und Zusammenhänge verinnerlicht haben. So wird z. B. überprüft, ob sie die Vorzüge und Limitationen der Additiven Fertigung einordnen können und den Ursprung makroskopischer Anisotropie, die gezielte Modifikation von Werkstoffeigenschaften sowie komplexe Materialbeschreibungen und deren Notwendigkeit verstehen. Die Beantwortung der Kurzfragen erfordert teils eigene Formulierung einer Erklärung/Begründung und teils die Angabe eines konkreten Fachbegriffs. Ergebnisse der Rechenaufgaben sind zu interpretieren und im werkstoffkundlichen Kontext zu betrachten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Kenntnisse in der Technischen Mechanik, Werkstoffkunde und numerischen Berechnung (FEM) sind hilfreich. Notwendige Aspekte und Grundkenntnisse (auch für Nicht-Ingenieure) werden im Rahmen der Veranstaltung kurz wiederholt und auf den Kontext der additiven Fertigung bezogen.
- Fähigkeit zur naturwissenschaftlich-technischen Lösung interdisziplinärer Fragestellungen

#### Inhalt:

- Einführung in die Systematik in der Additiven Fertigung und deren Auswirkung auf das Gefüge und die Werkstoffeigenschaften
- Designmöglichkeiten in der Additiven Fertigung (Geometrie und Werkstoff)

- Richtungsabhängigkeiten im Werkstoffverhalten
  - Materialgesetze und Grundlagen für die Auslegung additiv herzustellender Komponenten
- Hinweis: Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt auf den metallischen Werkstoffen. Es werden jedoch Bezüge und Analogien zu relevanten Materialsystemen wie Schichtverbund- und Faserverbundwerkstoffen aufgezeigt.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- Vorzüge und Limitation der Additiven Fertigung einzuordnen,
- den Ursprung makroskopischer Anisotropie, sowie die gezielte Modifikation von Werkstoffeigenschaften zu verstehen,
- komplexe Materialbeschreibungen und deren Notwendigkeit zu verstehen.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In dieser werden Bilder und Diagramme auf Powerpoint-Folien präsentiert, formelmäßige und physikalische Zusammenhänge werden wahlweise am Tablet-PC oder an der Kreidetafel hergeleitet, die Ergebnisse diskutiert und analysiert. Damit lernen die Studierenden die Vorzüge und Limitation der Additiven Fertigung einzuordnen sowie den Ursprung makroskopischer Anisotropie, die gezielte Modifikation von Werkstoffeigenschaften sowie komplexe Materialbeschreibungen und deren Notwendigkeit zu verstehen.

Im Eigenstudium lernen die Studierenden anhand der empfohlenen Literatur die Fachbegriffe und vertiefen die Zusammenhänge.

### **Medienform:**

- Powerpoint-Präsentation von Folien (Inhalt: Bilder, Diagramme)
- weiterführende Veranschaulichungen und Erklärungen als Tafelanschrieb

### **Literatur:**

Bücher:

- Gibson, Rosen, Stucker: Additive Manufacturing Technologies; Springer
- Gebhardt: Generative Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D Drucken für Prototyping, Tooling, Produktion; Carl Hanser Verlag
- Hornbogen, Eggeler, Werner: Werkstoffe; Springer
- Weißbach: Werkstoffkunde: Strukturen, Eigenschaften, Prüfung; Vieweg & Teubner
- Öchsner: Continuum Damage and Fracture Mechanics; Springer

### **Modulverantwortliche(r):**

Werner, Ewald; Prof. Dr.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de)

## Modulbeschreibung

### MW2461: Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models | Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models [MLUQPBM]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Endnote basiert auf einer Präsentation (60min + Diskussion, PowerPoint o.Ä.). Anhand eines ausgewählten papers sollen die Studierenden ihr Verständnis der wichtigsten theoretischen Konzepte verschiedenster Machine Learning Methoden demonstrieren. Sie sollten dazu in der Lage sein, die präsentierten Ergebnisse kritisch zu bewerten und die Grundidee des papers in einem breiteren inhaltlichen Rahmen zu diskutieren, indem sie methodische Vor- und Nachteile, Einschränkungen und Übertragbarkeit auf andere Probleme kommentieren. Darüber hinaus wird von den Studierenden die Fähigkeit erwartet, auf Fragen und Anregungen in einer Diskussion mit dem Publikum kompetent zu antworten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden fortgeschrittene Themen in Machine Learning, Statistik und Numerik von PDEs behandelt, daher wird ein Grundverständnis in diesen Bereichen vorausgesetzt, z.B. die Kurse MA1401, MA3303, IN2346. Idealerweise verfügen die Teilnehmer über Vorkenntnisse aus folgenden Kursen:

- Numerische Methoden der Unsicherheitsquantifizierung (MA5348)
- Physikbasiertes Machine Learning (MW2450)

### **Inhalt:**

Machine Learning und Unsicherheitsquantifizierung sind in modernen wissenschaftlichen und technischen Anwendungen allgegenwärtig. In den vergangenen beiden Jahrzehnten hat sich die Unsicherheitsquantifizierung für komplexe physikalische Prozesse rasch entwickelt, wobei der Schwerpunkt auf in den Ingenieurwissenschaften etablierten gitterbasierten Modellen wie z.B. Finiten Elementen Modellen liegt. Im Gegensatz dazu wurden Machine Learning Techniken nicht traditionell für physikbasierte Modelle angewandt. Die jüngste Zunahme datengetriebener Modelle, die auf Machine Learning Techniken wie z.B. Deep Learning basieren, verändert die Landschaft der Computer- und Ingenieurwissenschaften. Es werden immer mehr hybride Modelle entwickelt, die auf neuronalen Netzen basieren und schon jetzt traditionelle Methoden verbessern. In diesem Seminar erörtern wir theoretische und rechnerische Aspekte, die sich aus der Kombination von PDE-basierten Modellen und neuronalen Netzen ergeben, insbesondere sogenannte "Physics-Informed Neural Networks" (PINNs), neuronale Netze zur näherungsweise Lösung von PDEs sowie Anwendungen in Unsicherheitsquantifizierung und Turbulenzmodellen.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls werden die Studierenden dazu in der Lage sein,

- die jüngsten Fortschritte auf dem Gebiet des Machine Learning und der Unsicherheitsquantifizierung für physikbasierte Modelle zu demonstrieren
- die Grundideen verschiedener Machine Learning Methoden zu verstehen
- die verschiedenen Methoden hinsichtlich Anwendungsbereich, Vor-/Nachteile, Limitationen, etc. zu vergleichen
- wissenschaftliche Themen mit rhetorischer Sicherheit zu präsentieren

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Jede Woche wird im Kurs ein anderes Paper diskutiert. Nach der Präsentation durch die Studenten findet eine von den Dozenten moderierte Diskussion in der Gruppe statt. Die Studierenden werden daher nicht nur die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet des maschinellen Lernens kennenlernen, sondern auch, wie man eine wissenschaftliche Arbeit erfolgreich präsentiert. Im Rahmen der Diskussion werden auch Verbindungen zu anderen Methoden hergestellt und kritische Vergleiche angestellt. Mögliche Verbesserungen und andere Anwendungsbereiche werden ebenfalls diskutiert. So sollen die Studierenden z.B. lernen, die Hauptideen verschiedener Machine Learning Methoden zu verstehen sowie die Methoden hinsichtlich ihres Einsatzbereichs, ihrer Vor- und Nachteile, Einschränkungen usw. zu vergleichen und zu bewerten.

### **Medienform:**

Die Liste der Paper, die im Seminar diskutiert werden.

### **Literatur:**

Das im Seminar diskutierte Material basiert auf aktuellen Forschungsarbeiten, die online auf Moodle bereitgestellt werden.

### **Modulverantwortliche(r):**

Zavadlav, Julija; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models (Seminar, 2 SWS)

Zavadlav J, Ullmann E

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2466: Elektrische Antriebstechnik in der Automatisierungstechnik - Auswahl und Auslegung | Electric Drive Technology in Automation Engineering - Selection and Design

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2020/21

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung erfolgt in Form einer mündlichen Prüfung (Gruppenprüfung, jeweils 15 min, keine Hilfsmittel sind erlaubt). Die Studierenden sollen durch Beantwortung von Fragen beispielsweise demonstrieren, dass sie grundlegende Vorgehensweisen im Innovationsmanagement für mechatronische Systeme verstehen und aus der technischen sowie aus der kaufmännischen Sicht analysieren können sowie Strategien zur Auswahl geeigneter Antriebslösungen in Anhängigkeit von Anforderungen unterschiedlicher Applikationsdomänen verstehen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ein vorausgehender Besuch der Lehrveranstaltungen „Grundlagen der Technischen Elektrizitätslehre für MW“, „Regelungstechnik“ sowie „Automatisierungstechnik 1“ werden dringend empfohlen.

#### Inhalt:

Im Rahmen des Moduls wird die Frage behandelt, wie Innovationen für die Automatisierung von Maschinen und Anlagen als Beispiele komplexer mechatronischer Systeme besser umgesetzt werden können – insbesondere im Bereich der Antriebstechnik und in interdisziplinären, internationalen Teams. Dabei steht der langfristige Betrieb von Maschinen im Vordergrund: Verschleiß, Korrosion, Betriebsfestigkeit (Risse), Flexibilität zur Anpassung an sich ändernde



Randbedingungen, etc. müssen von Beginn an im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden. Der Fokus liegt hierbei auf der Vermittlung von Strategien zur Auswahl geeigneter Antriebslösungen in Anhängigkeit von Anforderungen unterschiedlicher Applikationsdomänen, deren funktionsorientierter Modularisierung und deren geplanter, disziplinübergreifender Wiederverwendung. Einen zentralen Aspekt stellt dabei die funktionsorientierte Herangehensweise im Entwicklungsprozess dar, da Funktionen als disziplinunabhängige Beschreibung bereits in frühen Entwicklungsphasen eine ideale Kommunikationsbasis für interdisziplinäre Teams darstellen und zudem durch die Nachverfolgung von Funktionsketten Designfehler identifiziert werden können. Um die Evolution der Maschinen und Anlagen sicherzustellen, wird das Innovations- und Technologiemanagement aus Sicht der Antriebstechnik von der Idee bis zum fertigen Produkt betrachtet. Die Themen werden nicht nur aus der technischen Perspektive (Antriebsalternativen in Gegenüberstellung zu domänenspezifischen Anforderungen sowie im interdisziplinären Entwicklungsprozess), sondern auch von der kaufmännischen Seite her erarbeitet: Kostenstellen, Kostenarten, Kostenanalyse (Material und Prozesskosten) sind ebenfalls Thema des Moduls.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul „Elektrische Antriebstechnik in der Automatisierungstechnik - Auswahl und Auslegung“ sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Vorgehensweisen im Innovationsmanagement für mechatronische Systeme zu verstehen und aus der technischen sowie aus der kaufmännischen Sicht (Kostenstellen, Kostenarten, Kostenanalyse (Material und Prozesskosten)) zu analysieren. Sie verstehen verschiedene Strategien zur Auswahl geeigneter Antriebslösungen in Anhängigkeit von Anforderungen und Randbedingungen unterschiedlicher Applikationsdomänen und können das Innovations- und Technologiemanagement aus Sicht der Antriebstechnik über den gesamten Entwicklungszyklus eines Produkts bewerten.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus seiner Vorlesung, in der mittels Präsentationen und Tafelanschrieb die theoretischen Grundlagen elektrischer Antriebstechnik in der Automatisierungstechnik erläutert werden. Durch Diskussionsrunden und praktischen Übungen werden die Studierenden zur aktiven Teilnahme ermuntert. Sie sollen dadurch lernen, grundlegende Vorgehensweisen im Innovationsmanagement für mechatronische Systeme zu verstehen und aus der technischen sowie aus der kaufmännischen Sicht zu analysieren sowie Strategien zur Auswahl geeigneter Antriebslösungen in Anhängigkeit von Anforderungen unterschiedlicher Applikationsdomänen zu verstehen.

### **Medienform:**

### **Literatur:**

[1] Brosch, Peter F.: Moderne Stromrichterantriebe Antriebssystem, Leistungselektronik, Maschinen, Mechatronik und Motion Control, Arbeitsweise drehzahlveränderbarer Antriebe mit Stromrichtern und Antriebsvernetzung, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Würzburg: Vogel, 2008

- [2] Weidauer, J.: Elektrische Antriebstechnik: Grundlagen, Auslegung, Anwendungen, Lösungen. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Erlangen: Publicis Pixelpark, 2019
- [3] Constantinescu-Simon, L., Fransua, A., Saal, K.: Elektrische Maschinen und Antriebssysteme, Komponenten Systeme, Anwendungen. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1999
- [4] Kiel, E.: Antriebslösungen: Mechatronik für Produktion und Logistik - Antriebslösungen: Mechatronik für Produktion und Logistik. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2007
- [5] Groß, H.; Hamann, Jens; Wiegärtner, G. Elektrische Vorschubantriebe in der Automatisierungstechnik: Grundlagen, Berechnung, Bemessung. Berlin/München: Verlag Publicis Kommunikationsagentur GmbH, 2006

**Modulverantwortliche(r):**

Vogel-Heuser, Birgit; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Elektrische Antriebstechnik in der Automatisierungstechnik – Auswahl und Auslegung (Vorlesung, 2 SWS)

Stelzer P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### WZ1339: Robotics and Automation in Agriculture | Robotics and Automation in Agriculture

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

One written exam at the end of semester. During written examination (Klausur, 60 min., essays, definitions, without use of learning aids, in English) students have to show their ability to explain terms and core technologies in agricultural robotics. They have to be able to describe important components of agricultural automation process. The students have to be able to summarize key principles and engineering steps in automation of farms. No paper or electronic material is allowed in the written exam.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

There are no prerequisites.

#### Inhalt:

In the course, an overview of the recent tools and technologies for automated agriculture are studied. Furthermore, autonomous systems for smart farming and their functionalities are introduced. The content is:

- Robotics and labor in agriculture
- Agricultural robots for field operations
- Smart cameras in agriculture
- Machine vision technologies
- Actuation and control
- Communication systems

- Human-robot collaboration
- Robots in forestry operations
- Intelligent irrigation
- Orchard management
- Cooperative robotic systems
- Automated milking
- Outlook on future technologies

**Lernergebnisse:**

After completion of the module, the students are familiar with the recent tools and trends in smart agriculture. They know basic concepts of agricultural robotics. Furthermore, students are able:

- to describe principles of agricultural robots
- to explain core technologies using cameras in agriculture
- to describe important components used in automation of agricultural activities
- to discuss basic possible steps of automating a farm
- to predict the suitability of existing technologies for a specific application

**Lehr- und Lernmethoden:**

Teaching method is class lecture to directly transfer the theoretical knowledge. Furthermore, the class lecture gives the opportunity to discuss the learning results in an interactive way. In addition, one excursion is planned to demonstrate some practical applications of the provided module content.

The module consists of weekly lectures (90 min.) and one excursion during the semester, date of which will be organized together with students. Slides and supplementary material are used to transfer the content. Lecture slides and notes will be regularly uploaded in Moodle.

**Medienform:**

PowerPoint lecture slides will be uploaded in TUM-Moodle.

**Literatur:**

Recommendations for reading will be announced in the first lecture.

**Modulverantwortliche(r):**

Olcay, Ertug; M.Sc.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Robotics and Automation in Agriculture (Vorlesung, 2 SWS)

Olcay E

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## **Hochschulpraktika | Lab Courses**

Aus dem Wahlbereich Hochschulpraktika sind mindestens 8 ECTS zu erbringen. Da die aktuell gültige Liste an Hochschulpraktika sehr umfangreich ist, enthält dieses Modulhandbuch stellvertretend für diese Vielzahl eine allgemein gültige generische Beschreibung eines Hochschulpraktikums. Beispielhaft sind konkrete Modulbeschreibungen einiger Hochschulpraktika angehängt. (Dieses Modulhandbuch kann von den Studierenden mit den Beschreibungen zu den jeweils tatsächlich belegten Modulen erweitert werden.)

## Hochschul-Praktika | Lab Courses

### Modulbeschreibung

#### EI78021: Praktikum In Vitro Diagnostik | In vitro Diagnostics - Practical Course [IVD - Praktikum]

*In vitro Diagnostik - Praktikum*

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer schriftlichen Abschlussklausur von 60 Minuten Bearbeitungsdauer weisen Studierende durch die Lösung von Aufgaben und durch Beantwortung von Fragen nach, dass sie in der Lage sind, die behandelten Technologien und Methoden der in vitro Diagnostik anzuwenden, die Daten mit statistischen Verfahren korrekt zu untersuchen sowie die klinischen Einsatzbereiche und Grenzen der behandelten in vitro Diagnostik kritisch zu bewerten. In der Abschlussklausur sind keine Hilfsmittel zugelassen.

Die Fähigkeit zur wissenschaftlichen Protokollführung wird im Rahmen der Bewertung schriftlicher, Praktikums-begleitender Arbeitsprotokolle geprüft.

Die Fähigkeit zur Präsentation und Diskussion von Lösungsstrategien zu gestellten Problemen, zu Untersuchungsprotokollen und Arbeitsergebnissen wird durch mündliche Prüfungen bewertet (Gruppen-Präsentationen).

Die Endnote setzt sich aus folgenden Prüfungselementen zusammen:

50% Abschlussklausur / 25% Note der schriftlichen Protokolle / 25% Note der mündlichen Prüfung

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Besuch der Veranstaltung „In vitro Diagnostik“ im gleichen Semester oder vorher

**Inhalt:**

Hämatologie: Blutbild-Analyse, Analyse von Blutgasen und anderen gelösten Serumkomponenten, Analyse der Blutgerinnung;  
Urin-Analytik und Lateral-Flow Immunassays;  
Technologie und Anwendung der Durchflusszytometrie;  
Technologie und Anwendung mikrofluidischer Systeme und automatisierte Workflows;  
Präparation primärer Zell- und Gewebeproben, Separation einzelner Zelltypen, funktionale Zellanalytik mit optischen und elektrochemischen Methoden;  
Workflow der molekularbiologischen Analytik: Methoden des Umgangs mit Nukleinsäuren, Klonierung, PCR, Sequenzierung, Sequenzdatenbanken;  
Grundlagen statistischer Versuchsplanung und Versuchsauswertung;

**Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- die behandelten Technologien und Methoden der in vitro Diagnostik in einem gegebenen Zeitrahmen anzuwenden,
- die gewonnenen Daten mit den angemessenen statistischen Methoden kritisch zu untersuchen,
- Klinische Einsatzbereiche und Grenzen der behandelten in vitro diagnostischen Methoden und Technologien kritisch zu bewerten,
- in teambasierter Projektarbeit in Form von Entwicklungsprojekten Lösungsstrategien für in vitro diagnostische Problem zu entwerfen und in praktischer Arbeit umzusetzen,
- formal korrekte und nachvollziehbare wissenschaftliche Protokolle zu verfassen,
- Theoretische Hintergründe der gezeigten Technologien, Entwicklungsprojekte, Untersuchungsprotokolle und erzielte Ergebnisse zu präsentieren und zu diskutieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Es werden unter Anleitung Gruppenarbeit zu den einzelnen Experimenten in Verbindung mit Protokollführung und Präsentationen durchgeführt.

**Medienform:**

Whiteboard, Videos;

**Literatur:**

Practical Flow Cytometry, H.M. Shapiro, Wiley 2003  
Weitere Literatur wird vorab über moodle bereitgestellt.

**Modulverantwortliche(r):**

Hayden, Oliver; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Praktikum In Vitro Diagnostik (Praktikum, 4 SWS)  
Brischwein M, Daum L, Reisbeck M, Ugele M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).



## Modulbeschreibung

### EI78030: Praktikum Robot Modelling and Identification | Robot Modelling and Identification Lab

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 90

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Bewertung basiert auf der wöchentlichen Laborleistung.

Dafür wird zu Beginn jedes Praktikums in einem etwa 15-minütigen Prüfungsgespräch das theoretische Verständnis des jeweiligen in diesem Praktikum behandelten Themas geprüft. Die Fähigkeit zur Implementierung oder Modellierung der verschiedenen Konzepte wird durch eine Kontrolle des während des Praktikums erarbeiteten Quellcodes zum Ende des wöchentlichen Praktikums gemessen. Dabei wird dieser nach Funktionalität und Verständlichkeit geprüft. Dieser wird für die Modellierung seriellkinematischer Roboter in Maple, für die anderen Themenfelder in Matlab/Simulink erstellt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Studierenden sollten über solide Grundkenntnisse in den der folgenden Bereichen verfügen:

- Regelungstechnik
- Mechanik, Mehrkörpersysteme
- Elektrische Antriebstechnik
- Robotik

### **Inhalt:**

Dieses Labor behandelt verschiedene mechatronische Grundkonzepte der Robotik mit dem Focus auf Modellierung, Simulation und Regelung unter Verwendung der numerischen Software Matlab/Simulink sowie dem Computeralgebrasystem Maple.

Das Labor umfasst die Modellierung und Regelung eines permanenterregten Gleichstrommotors sowie eines Pneumatikaktors, die zeitdiskrete Regelung eines Gleichstrommotors, den Reglerentwurf eines elektrischen Antriebs im Frequenzbereich, die Identifikation eines Robotergetriebs, einen Regler- und Beobachterentwurf für ein Robotergetriebe, eine Impedanzregelung für ein Robotergetriebe, einen Kraftregler und Kollisionsbeobachter, die dynamisch/kinematische Modellierung einer seriellen Roboterkinematik sowie deren Identifikation und Trajektorienoptimierung.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss dieses Labors sind die Studierenden in der Lage, verschiedene Aktorkonzepte, wie Pneumatikaktoren oder Gleichstrommotoren, sowie gängige Beobachtungs- und Regelungsstrategien, Identifikationsmethoden (linear + Pseudoinverse und nichtlinear + gradientenbasiert), einen kontinuierlichen sowie diskreten PID Regler, LQ Regler, Luenbergerbeobachter und Störgrößenbeobachter zur Erkennung von Kollisionen, in Matlab/Simulink zu implementieren. Sie haben theoretisch-fundiertes Wissen in der kaskadierten Regelung und Impedanzregelung und können diese auf ein Robotergetriebe anwenden. Sie verfügen über die nötigen Kenntnisse, um seriellkinematische Roboter in Maple zu modellieren, und in Matlab/Simulink zu regeln und zu identifizieren.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

- Vorbereitung theoretischer Grundlagen Anhand von Literatur und Skripten
- Diskussion der Theorie im mündlichen Prüfungsgespräch
- Praktische Umsetzung und Implementierung der Übungsaufgaben während der betreuten Laborzeiten

### **Medienform:**

- Übungszettel
- Skripte

### **Literatur:**

- Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 3rd Edition, John J. Craig, Pearson
- H. Choset, K. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. Kavraki, S. Thrun, 'Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementation', MIT Press, 2005.
- Siciliano, O. Khatib, 'Springer Handbook of Robotics', Springer, 2016.

- M. W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, 'Robot modeling and control', vol. 3. New York: Wiley, 2006.

**Modulverantwortliche(r):**

Haddadin, Sami; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Praktikum Robot Modelling and Identification (Praktikum, 5 SWS)

Haddadin S [L], Abdolshah S, Baradaranbirjandi S, Diaz Ledezma F, Haddadin S

Praktikum Robot Modelling and Identification (Vorlesung, 1 SWS)

Haddadin S [L], Abdolshah S, Baradaranbirjandi S, Diaz Ledezma F, Haddadin S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI78032: Praktikum Design und Simulation von Mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) | Lab on Design and Simulation of Microelectromechanical Systems (MEMS)

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2019

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 95	<b>Präsenzstunden:</b> 75

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung erfolgt in Form einer Laborleistung:

Die Fähigkeit zur schriftlichen Darstellung von theoretisch erlangtem Wissen über die verwendeten Methoden und Bauteile und die Versuchsdurchführung sowie von Auswertung und Interpretation von Versuchsergebnissen und daraus gewonnener Erkenntnisse wird im Rahmen problembezogener Hausaufgaben (Praktikumsbericht, Dokumentation) semesterbegleitend geprüft. Hierzu ist pro Praktikumsgruppe ein Dokument zu erstellen und abzugeben.

Wissensbasierte Lernergebnisse (z.B. zu unterschiedlichen Ansätzen und Grundlagen der Mikrosystemsimulation, zu den behandelten Bauteilen und den ihrer Funktion zugrundeliegenden physikalischen Grundlagen oder zu den angewendeten Methoden der Modellierung dieser Bauteile) werden im Rahmen eines individuellen 30 minütigen Prüfungsgesprächs überprüft.

Die Endnote setzt sich aus folgenden Prüfungselementen zusammen:

- zwei Drittel Prüfungsgespräch
- ein Drittel Dokumentation

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Physik von Halbleiter- und Mikrobauteilen

Grundlagen in Schaltungs- und Systemtheorie

Notwendig: Inhalt des Praktikumsskripts.

### **Inhalt:**

In der begleitenden Vorlesungsstunde werden Grundkenntnisse der Simulation von Mikroelektromechanischen Bauelementen und Systemen (MEMS) vermittelt. Es werden verschiedene Verfahren zur Systemsimulation eingeführt, ein Überblick über gängige Ansätze und derzeit erhältliche Softwaretools gegeben, sowie auf Herausforderungen und grundlegend zu lösende physikalische Fragestellungen bei der Simulation von MEMS eingegangen. Außerdem werden die im Praktikumsteil behandelten Bauelemente/Bauelementklassen eingeführt und die Kenntnisse der physikalischen Grundlagen, die für das Verständnis ihrer Funktionsweise nötig sind, vermittelt.

Im Praktikumsteil wird die kommerziell erhältliche Systemsimulationssoftware MEMS+ von Coventor verwendet. Nach einer Einführung in die Software sollen aus Basiselementen Simulationsmodelle verschiedener mikromechanischer Sensoren und Aktoren erstellt werden, mit Hilfe derer das Betriebsverhalten untersucht werden kann. Die erstellten Modelle können mit MATLAB/Simulink kombiniert werden, so dass das Gesamtsystemverhalten inklusive elektrischer Beschaltung und Regelung untersucht werden kann. Die praktischen Aufgaben werden in Zweier-Gruppen durchgeführt.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls haben die Studierenden folgende Kenntnisse:

- Verschiedene Ansätze und Verfahren zur Modellierung Mikroelektromechanischer Systeme (MEMS) grundlegende verstehen und wiedergeben
- Überblick über gängige und kommerziell erhältlich Softwaretools
- Vertiefter Einblick in den Aufbau und die Funktionsweise von Mikroelektromechanischen Bauelementen und -systemen auf Komponentenebene einzelner MEMS-Bauteile wie auch in der Interaktion der einzelnen Systemkomponenten und grundlegendes Verständnis der ihrer Funktionsweise zugrundeliegenden physikalischer Grundlagen.
- Grundlegende Kenntnis der kommerziell erhältlichen Systemsimulationssoftware (MEMS+ von Coventor Inc.) und Anwendung derselben zur Modellerstellung und Simulation mikromechanische Sensor- und Aktorelemente
- Co-Simulation von Sensoren und Aktoren mit elektronischer Beschaltung (Gesamtsystem)
- Erledigung vorgegebener Design- und Simulationsuntersuchungen zur Funktionsweise verschiedener Bauelementvarianten und Bewertung und Interpretation sowie graphische und textliche Darstellung der Ergebnisse

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Zur Einführung in die Thematik wird in einer begleitenden Vorlesungsstunde in Frontalunterricht und bilateraler Diskussion in die Grundlagen des Moduls eingeführt.

Parallel dazu erfolgt mittels vorgefertigter Beispielsimulationen und Tutorien die Einführung in die verwendeten Simulationstools, die die Studierenden in die Lage versetzen, eigene Simulationen selbständig zu erstellen und deren Ergebnisse zu analysieren.

Mittels Versuchsbeschreibungen und gezielt gestellter Aufgaben werden die Studierenden zu eigenständiger Projektarbeit angeleitet. Parallel dazu ist eine vertiefende Wissensbildung

durch individuelle fachliche Diskussion während der Praktikumsphase und damit die Verknüpfung zu den vermittelten Grundlagen angestrebt.

**Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Präsentationen, Folien und Handouts
- Skript
- Download von Manual, Infomaterial und Tutorien der verwendeten Software
- Erläuterungen und Ableitungen an Tafel

**Literatur:**

- System-level Modeling of MEMS (ed. T. Bechtold, G. Schrag, L. Feng), Wiley VHC 2013 (ausgewählte Kapitel)
- Microsystem Design, S. Senturia, Kluwer Academic Press
- Skript zum Praktikum

**Modulverantwortliche(r):**

Schrag, Gabriele; Prof. Dr. rer. nat. habil.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Vorlesung zum Praktikum "Design und Simulation von Mikroelektromechanischen Systemen (MEMS)" (Vorlesung, 1 SWS)

Schrag G

Praktikum "Design und Simulation von Mikroelektromechanischen Systemen (MEMS)" (Praktikum, 4 SWS)

Schrag G [L], Bosetti G

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI78050: Project Laboratory Electrochemistry and Biosensors | Project Laboratory Electrochemistry and Biosensors [PPECHEMBIO]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 120	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Lab performance, discussion, and report (Laborleistung): 100%

The examination consists of a written report introducing the scientific background, the motivation, and the experiments and results of the project (report, 15-25 pages). In addition, regular discussions with the assigned tutor (research assistant) about the progress of the experiments and resulting next steps (5-10 Experiments, 2-4 short progress presentations). The written report demonstrates the student's ability to summarize the theoretical background of a scientific project and to analyze and evaluate the results. The regular discussions with the tutor measure the student's ability to develop a scientific idea within the field of electrochemistry and biosensors. Starting from initial concepts, the student delivers interim results at relevant milestones and finally reaches the set goals within the given timeframe.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

BioMEMS & Microfluidics

#### Inhalt:

The participants will work on up-to-date research projects of the neuroelectronics group. The course will start with a screening of the current literature. Afterwards, the students will work on a defined scientific project within the context of electrochemistry and biosensors. Specifically, the students will work on topics such as

- effects of particle size, aggregation, and adsorption in single-impact electrochemistry

- electrode materials, surface modification, and electrolyte effect in single-impact electrochemistry
- conductive polymer electrodes for neurotransmitter detection
- modification of printed electrodes with active materials
- comparison of electrodes for the detection of bacteria
- printing, design, and characterization of 3D microelectrodes
- detection of silver nanoparticles with 3D microelectrodes
- etc.

### **Lernergebnisse:**

Upon successful completion of the module, the student is able to independently conduct defined research projects related to electrochemistry and biosensors. This includes:

- performing a literature research with regards to with regards to individually assigned questions in the field of electrochemistry and biosensors
- designing experiments that allow testing hypotheses with respect to with regards to individually assigned questions in the field of electrochemistry and biosensors
- conducting experiments to gather microscopic or electrochemical data of (biosensor) electrodes to judge their performance
- analyzing structural microscopic data (surface area, roughness, etc), electrochemical characteristics or sensor readings of electrochemical cells and/or biosensors
- presenting results on electrochemical and/or biosensor measurements orally during regular group meetings and in writing in the form of a report

### **Lehr- und Lernmethoden:**

The module will comprise a project lab course. After an introduction to the field, the student will independently carry out state-of-the-art experiments related to electrochemistry and biosensing. The results will be analyzed and discussed with an experienced tutor. This will help the student to design follow-up experiments to reach their scientific goal. Thereby the students will achieve a deeper understanding of the interdisciplinary field of neuroelectronics in a research environment and learn to design, conduct, analyze and present scientific experiments.

The students will present their results in a written report as well as an oral presentation. The integration of students within the research group is fostered by appointing an experienced group member as an additional mentor. This will allow the students to participate at cutting-edge research projects at an early stage of their career.

### **Medienform:**

Project-specific research papers, experimental plans/schedules, electronic presentations during group meetings, final report

### **Literatur:**

Bard, A. J. & Faulkner, L. R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. (Wiley, 2001).

S. Cosnier, editor, *Electrochemical Biosensors* (Pan Stanford Publishing, Singapore, 2015).

Additional project-specific literature will be given at the project start.



**Modulverantwortliche(r):**

Wolfrum, Bernhard; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Projektpraktikum Elektrochemie und Biosensorik (Praktikum, 4 SWS)

Wolfrum B [L], Grob L, Weiß L, Zips S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI78051: Project Laboratory Microfluidics – Design, Fabrication, and Application | Project Laboratory Microfluidics – Design, Fabrication, and Application [PPMIFLU]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 120	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Lab performance, discussion, and report (Laborleistung): 100%

The examination consists of a written report introducing the scientific background, the motivation, and the experiments and results of the project (Projektarbeit, 15-25 pages). In addition, regular discussions with the assigned tutor (research assistant) about the progress of the experiments and resulting next steps (Laborleistung, 5-10 Experiments, 2-4 short progress presentations). The written report demonstrates the student's ability to summarize the theoretical background of a scientific project and to analyze and evaluate the results. The regular discussions with the tutor measure the student's ability to develop a scientific idea within the field of microfluidics. Starting from initial concepts, the student delivers interim results at relevant milestones and finally reaches the set goals within the given timeframe.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

BioMEMS & Microfluidics

#### Inhalt:

The participants will work on up-to-date research projects of the neuroelectronics group. The course will start with a screening of the current literature. Afterwards, the students will work on a defined scientific project within the context of electrochemistry and biosensors. Specifically, the students will work on topics such as

- high-resolution 3D printing of hydrogels
- tuning resin characteristics for 3D printed microfluidics
- flow-rate control in gravity-driven fluidics
- flow-rate sensing
- fluid mixing
- analyte pre-concentration
- etc.

### **Lernergebnisse:**

Upon successful completion of the module, the student is able to independently conduct defined research projects related to microfluidics. This includes:

- performing a literature research with regards to with regards to individually assigned questions in the field of microfluidics
- designing experiments that allow testing hypotheses with respect to individually assigned questions in the field of microfluidics
- conducting experiments to gather microscopic or profilometric data on the fabrication outcome, dimensions and surface characteristic of microfluidic devices
- analyzing microscopic data (e.g. image/video data on fluid movement in channels), electrochemical data (e.g. amperometric analyte quantification) or sensor readings (e.g. impedimetric flow measurements) to characterize microfluidic devices
- presenting results on the fabrication and characterization of microfluidic devices orally during regular group meetings and in writing in the form of a lab report

### **Lehr- und Lernmethoden:**

The module will comprise a project lab course. After an introduction to the field, the student will independently carry out state-of-the-art microfluidics experiments. The results will be analyzed and discussed with an experienced tutor. This will help the student to design follow-up experiments to reach their scientific goal. Thereby the students will achieve a deeper understanding of the interdisciplinary field of neuroelectronics in a research environment and learn to design, conduct, analyze and present scientific experiments.

The students will present their results in a written report as well as an oral presentation. The integration of students within the research group is fostered by appointing an experienced group member as an additional mentor. This will allow the students to participate at cutting-edge research projects at an early stage of their career.

### **Medienform:**

Project-specific research papers, experimental plans/schedules, electronic presentations during group meetings, final report

### **Literatur:**

B. J. Kirby, Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics, 1st ed. (Cambridge University Press, New York, 2013)

Additional project-specific literature will be given at the project start.

**Modulverantwortliche(r):**

Wolfrum, Bernhard; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Projektpraktikum Mikrofluidik – Entwurf, Fabrikation und Anwendung (Praktikum, 4 SWS)

Wolfrum B [L], Grob L, Hiendlmeier L, Weiß L, Zips S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI78052: Project Laboratory Neuroelectronics | Project Laboratory Neuroelectronics [PPNEURO]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 120	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Lab performance and discussion (Laborleistung): 100%

The examination consists of a written report introducing the scientific background, the motivation, and the experiments and results of the project (Report, 15-25 pages). In addition, regular discussions with the assigned tutor (research assistant) about the progress of the experiments and resulting next steps (5-10 Experiments, 2-4 short progress presentations). The written report demonstrates the student's ability to summarize the theoretical background of a scientific project and to analyze and evaluate the results. The regular discussions with the tutor measure the student's ability to develop a scientific idea within the field of microfluidics. Starting from initial concepts, the student delivers interim results at relevant milestones and finally reaches the set goals within the given timeframe.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

BioMEMS & Microfluidics

#### Inhalt:

The participants will work on up-to-date research projects of the neuroelectronics group. The course will start with a screening of the current literature. Afterwards, the students will work on a defined scientific project within the context of neuroelectronics. Specifically, the students will work on topics such as

- fabrication and characterization of stimulation electrodes

- development of stimulation electronics
- development of electrochemical and mechanical measurement setups
- temporal or chronic electrode-tissue interfacing strategies
- etc.

### **Lernergebnisse:**

Upon successful completion of the module, the student is able to independently conduct defined research projects related to neuroelectronics. This includes:

- performing a literature research with regards to with regards to individually assigned questions in the field of neuroelectronics
- designing experiments that allow testing hypotheses with respect to individually assigned questions in the field of neuroelectronics
- conducting experiments to gather microscopic (structure, dimensions, roughness, etc.) or electrochemical (impedance spectra, charge-injection capabilities, etc.) data to evaluate the performance of recording/stimulation electrodes for neuroelectronic applications
- analyzing structural microscopic (structure, dimensions, roughness, etc.) and electrochemical characteristics (impedance spectra, charge-injection capabilities, etc.) to determine performance and durability of recording/stimulation electrodes during neuroelectronic experiments
- presenting results on the developments of recording/stimulation electrodes for neuroelectronic applications orally during regular group meetings and in writing in the form of a lab report

### **Lehr- und Lernmethoden:**

The module will comprise a project lab course. After an introduction to the field, the student will independently carry out state-of-the-art neuroelectronics experiments. The results will be analyzed and discussed with an experienced tutor. This will help the student to design follow-up experiments to reach their scientific goal. Thereby the students will achieve a deeper understanding of the interdisciplinary field of neuroelectronics in a research environment and learn to design, conduct, analyze and present scientific experiments.

The students will present their results in a written report as well as an oral presentation. The integration of students within the research group is fostered by appointing an experienced group member as an additional mentor. This will allow the students to participate at cutting-edge research projects at an early stage of their career.

### **Medienform:**

Project-specific research papers, experimental plans/schedules, electronic presentations during group meetings, final report

### **Literatur:**

E. R. Kandel, J. H. Schwartz, and T. M. Jessell, Principles of Neural Science, 4th Revised edition (McGraw-Hill Professional, New York, NY, 2000)

Additional project-specific literature will be given at the project start.

**Modulverantwortliche(r):**

Wolfrum, Bernhard; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Projektpraktikum Neuroelektronik (Praktikum, 4 SWS)

Wolfrum B [L], Terkan K, Zurita F

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI78053: Project Laboratory Brain-Computer Interfaces | Project Laboratory Brain-Computer Interfaces [PPBCI]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 120	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Lab performance and discussion (Laborleistung): 100%

The examination consists of a written report introducing the scientific background, the motivation, and the experiments and results of the project (report, 15-25 pages). In addition, regular discussions with the assigned tutor (research assistant) about the progress of the experiments and resulting next steps (5-10 Experiments, 2-4 short progress presentations). The written report demonstrates the student's ability to summarize the theoretical background of a scientific project and to analyze and evaluate the results. The regular discussions with the tutor measure the student's ability to develop a scientific idea within the field of microfluidics. Starting from initial concepts, the student delivers interim results at relevant milestones and finally reaches the set goals within the given timeframe.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Experience in signal processing and machine learning

#### Inhalt:

The participants will work on up-to-date BCI research projects of the neuroelectronics group. The course will start with a screening of the current literature. Afterwards, the students will work on a defined scientific project within the context of brain-computer interfaces. Specifically, the students will work on topics such as

- design and implementation of EEG and fNIRS experiments



- signal processing techniques for neural recording
- classification strategies for the detection of sparse events
- study of motion artifacts
- etc.

### **Lernergebnisse:**

Upon successful completion of the module, the student is able to independently conduct defined research projects related to brain-computer interfaces. This includes:

- performing a literature research with regards to individually assigned questions in the field of brain-computer interfaces
- designing experiments that allow testing hypotheses with respect to individually assigned questions in the field of brain-computer interfaces
- conducting experiments using fNIRS and/or EEG to gather neural activity
- analyzing and classifying time-series data using common signal processing techniques and various machine learning approaches
- presenting results orally during regular group meetings and in writing in the form of a report

### **Lehr- und Lernmethoden:**

The module will comprise a project lab course. After an introduction to the field, the student will independently carry out state-of-the-art brain-computer interface experiments. The results will be analyzed and discussed with an experienced tutor. This will help the student to design follow-up experiments to reach their scientific goal. Thereby the students will achieve a deeper understanding of the interdisciplinary field of neuroelectronics in a research environment and learn to design, conduct, analyze and present scientific experiments.

The students will present their results in a written report as well as an oral presentation. The integration of students within the research group is fostered by appointing an experienced group member as an additional mentor. This will allow the students to participate at cutting-edge research projects at an early stage of their career.

### **Medienform:**

Project-specific research papers, experimental plans/schedules, electronic presentations during group meetings, final report

### **Literatur:**

Liu Y et al. Towards a Hybrid P300-Based BCI Using Simultaneous fNIR and EEG. Foundations of Augmented Cognition: 7th International Conference, AC 2013, HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, July 21-26, 2013. Proceedings (pp.335-344)

Khan MJ and Hong KS, Hybrid EEG-fNIRS-based eight-command decoding for BCI: Application to quadrocopter control. Frontiers in Neuroinformatics 2017, 11, 6

Fazli S et al. Enhanced performance by a hybrid fNIRS-EEG brain computer interface, NeuroImage 2012, 59, 519-529

Trakoolwilaiwan T. et al. Convolutional neural network for high-accuracy functional near-infrared spectroscopy in a brain-computer-interface: three-class classification of rest, right-, and left-hand motor execution, Neurophoton. 2017, 5, 1

Lawhern VJ et al. EEGNet: a compact convolutional neural network for EEG-based brain-computer interfaces. J. Neural Eng. 2018; 15: 056013

Schirrneister RT et al. Deep learning with convolutional neural networks for EEG decoding and visualization. Hum. Brain Mapp. 2017; 38: 5391-5420

Additional project-specific literature will be given at the project start.

**Modulverantwortliche(r):**

Wolfrum, Bernhard; Prof. Dr. rer. nat.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Projektpraktikum Brain-Computer-Interfaces (Praktikum, 4 SWS)

Wolfrum B [L], Weiß L

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2414: Numerische Akustik in Python | Computational Acoustics in Python

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung ist eine Übungsleistung, die die Bearbeitung vorgegebener Teilaufgaben (Programmieraufgaben) beinhaltet und mit einer Präsentation der Ergebnisse abschließt. Damit sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie numerische Methoden selbstständig programmieren und bewerten können sowie numerische Beispiele in der Akustik rechnen und interpretieren können. Anhand der Präsentation zeigen sie, dass sie ihre Ergebnisse rhetorisch geschickt einem Fachpublikum vorstellen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Computational Acoustics, Numerische Methoden für Ingenieure, Finite Elemente, o.ä.
- Programmierkenntnisse in Matlab/python

#### Inhalt:

Ziel des Praktikums ist die Implementierung der Randelementemethode anhand akustischer Problemstellungen. Als Programmierumgebung wird im Praktikum Matlab verwendet.

Im Rahmen des Praktikums werden folgende Themen bearbeitet:

1. Diskretisierung mit der Kollokationsmethode
2. Numerische Integration von regulären und singulären Integralen
3. Lösung von linearen Gleichungssystemen

Mit diesen numerischen Methoden werden dann folgende Anwendungen analysiert:

- Berechnung von stehenden Schallwellen und Wanderwellen
- Schallabstrahlung einer pulsierenden Kugel
- Auswertung des Schalldrucks an einem Feldpunkt

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Hochschulpraktikum sind die Studierenden in der Lage:

- Grundgleichungen der Akustik zu erklären
- Numerische Methoden selbstständig zu programmieren und zu bewerten
- Numerische Beispiele in der Akustik zu rechnen und zu interpretieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Praktikum wird als Rechnerübung mit Arbeit in Matlab abgehalten. Die Studierenden erhalten zunächst eine Einführung in Matlab und werden schrittweise und unter Prüfung der Fortschritte in Form von Programmieraufgaben während des Praktikums und anhand von Hausaufgaben an die Entwicklung eines eigenen BEM Programms zur Lösung einer akustischen Problemstellung herangeführt. Die Programmcodes während regelmäßig mit dem/der Betreuer/in diskutiert und besprochen. Damit lernen die Studierenden, dass sie numerische Methoden selbstständig programmieren und bewerten können sowie numerische Beispiele in der Akustik rechnen und interpretieren können.

**Medienform:**

Präsentation, Rechnerarbeit

**Literatur:**

Wird im Praktikum bekannt gegeben  
Vorlesungsunterlagen

**Modulverantwortliche(r):**

Marburg, Steffen; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Numerische Akustik in Python (Praktikum, 4 SWS)

Marburg S [L], Gürbüz C, Preuss S, Eser M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2430: Praktikum Batterieproduktion | Laboratory Production [LIBP]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Laborleistung. Diese beinhaltet vier schriftliche Kurztests, die zu Beginn der Praktikumstermine 2 bis 5 durchgeführt werden. (Bearbeitungsdauer jeweils 15 Minuten, als Hilfsmittel kann ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner und ggf. ein Fremdsprachen-Wörterbuch verwendet werden). Außerdem ist von jedem Teilnehmer ein Laborbericht (Umfang ca. 4 Seiten) anzufertigen.

Die Gewichtung der Leistungen teilt sich dabei zu je 15 % auf die vier Kurztests (Termine 2-5) und insgesamt 40 % auf den Laborbericht auf.

In den Kurztests zeigen die Studierenden anhand von Verständnisfragen, dass sie die Abfolge und Relevanz der einzelnen Prozessschritte innerhalb der Prozesskette zur Herstellung von Lithium-Ionen-Zellen verstanden haben und Eingangs- und Ausgangsgrößen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge verknüpfen können. Durch Rechenaufgaben erfolgt die Quantifizierung dieser Zusammenhänge mit direktem Bezug zu den praktischen Elementen des Praktikums (bspw. Bilanzierung der Elektroden-schichten durch Berechnung der Flächenbeladung).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorerfahrungen im Bereich elektrische Energiespeicher und Produktionstechnik empfohlen

#### Inhalt:

Das Gesamtziel des Praktikums liegt darin, den Teilnehmern sämtliche Prozessschritte in der Produktion von Lithium-Ionen-Batterien näher zu bringen. Dabei wird die Prozesskette inklusive wichtiger Prozessparameter und Einflussfaktoren theoretisch erarbeitet und gleichzeitig

durch Praxisteile an der Batterie-Pilotlinie des iwb ergänzt. Außerdem wird durch die aktuellen Forschungsthemen entlang der Prozesskette zu einer weiterführenden Auseinandersetzung mit dem Themengebiet Zellfertigung motiviert. Im Rahmen des Praktikums wird den Teilnehmern außerdem die Möglichkeit gegeben, die Auswirkungen einzelner Prozessschritte auf die elektrochemischen Eigenschaften von Laborzellen zu testen.

**Lernergebnisse:**

Am Ende des Praktikums sind die Studierenden in der Lage:

- Die Wirkungsweise einer Lithium-Ionen-Batterie wiederzugeben
- Zusammenhänge in der Lithium-Ionen-Batterieproduktion zu verstehen
- Die Elektrodenfertigung zur Herstellung einer Lithium-Ionen-Zelle zu analysieren
- Die Zellausbaufertigung zur Herstellung einer Lithium-Ionen-Zelle zu analysieren
- Eigenschaften einer Batteriezelle anhand von Zelltests mit den Herstellungsprozessen zu korrelieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Praktikum mit begleitender Vorlesung  
Präsentationen und Vorträge  
Arbeitsblätter  
Gruppen- und Einzelarbeit

**Medienform:**

The module takes the form of an internship. On the internship dates, short lectures in the form of presentations and lectures are held to explain the theoretical basics of lithium-ion battery production. The students are provided with worksheets which they are to work on, for example in order to reproduce the mode of action of a lithium-ion battery and to understand connections in lithium-ion battery production.

The battery cells are then produced in groups and individually. The students learn to analyse the electrode production for the production of a lithium ion cell and the cell assembly for the production of a lithium ion cell as well as to correlate the properties of a battery cell with the production processes on the basis of cell tests.

**Literatur:**

Korthauer, Reiner (Hrsg.) Handbuch Lithium-Ionen-Batterien. ISBN 978-3-642-30653-2

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Praktikum Batterieproduktion (Praktikum, 2 SWS)

Zäh M [L], Hagemeister J, Kriegler J, Zäh M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2436: Mobilitätsdatenanalyse | Mobility Data Analysis [MDA]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<b>Präsenzstunden:</b> 30

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Übungsleistung. Diese besteht aus kurzen schriftlichen Testaten (Beantwortung von Kurzfragen, 25 Punkte, 10 min, keine Hilfsmittel erlaubt), Hausaufgaben (Programmierprojekt, 25 Punkte, alle Hilfsmittel erlaubt) und einem kurzen Abschlussprojekt (90 Punkte).

Die Überprüfung von Fakten-, Detailwissen und dessen Anwendung (angelehnt an die bereits durchgeführten Übungen) erfolgt jeweils zu Beginn des Folgetermins entweder in Form eines Testats oder einer Hausaufgabe (wird rechtzeitig bekannt gegeben). Damit demonstrieren die Studierenden, dass sie z. B. die wesentlichen Elemente einer Datenanalyse Pipeline für Mobilitätsdaten benennen können und die grundlegenden Elemente von GIS sowie verschiedene Möglichkeiten und Formate der Datensammlung, Aggregation und Speicherung kennen und verwenden können. Nach dem letzten Termin wird ein bewertetes Abschlussprojekt (Bearbeitung einer vorgegebenen Programmieraufgabe) durchgeführt. Damit zeigen die Studierenden, dass sie die gelernten statistischen Auswertungsmethoden der Mobilitätsdatenanalyse und einfache Machine Learning Verfahren zur Klassifikation selbstständig anwenden und die erhobenen Daten auswerten können. Die Gesamtnote bildet sich aus der Punktesumme aus drei Testaten, drei bewerteten Hausaufgaben und dem Abschlussprojekt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Python Grundkenntnisse

### **Inhalt:**

- Grundlagen der (Geo-) Datenanalyse
- OSM/GIS
- Methoden in der Datenanalyse und Visualisierung
- Räumlich-zeitliche Daten und Clustering/Heatmaps
- Experiment 1: Datenerfassung und Fahrverhalten
- Experiment 2: Persönliche Mobilitätsdatenanalyse
- Projekt: Klassifizierung durch maschinelles Lernen

### **Lernergebnisse:**

Datenanalyse Pipeline für Mobilitätsdaten zu benennen und ein entsprechendes Framework mit Open-Source Software aufzubauen. Darüber hinaus kennen die Studierenden verschiedene Möglichkeiten und Formate der Datensammlung, Aggregation und Speicherung. Sie sind in der Lage, selbstständig Mobilitätsaufzeichnungen durchzuführen und die gesammelten Daten auszuwerten. Sie beherrschen für diesen Zweck neben klassischen statistischen Auswertungsmethoden auch weitere – speziell für Mobilitätsdaten relevante – Methoden wie die Hotspotanalyse, das Räumliche Clustering, Geo-Fencing und einfache Machine Learning Verfahren zur Klassifikation von Fortbewegungsarten. Durch die Anwendung der genannten Methoden können sie die gesammelten Daten kritisch anhand üblicher Kenngrößen hinterfragen und entsprechende Visualisierungen generieren.

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul findet in Form eines Praktikums statt. Ein Praktikumstermin findet dabei je nach Termin in 1-2 Blöcken statt. Jeder Block beginnt mit der Erläuterung theoretischer Grundlagen zur Mobilitätsdatenanalyse in frontaler Wissensvermittlung mittels Präsentation und Live-Programmierung. Anschließend bearbeiten die Studierenden konkrete Aufgaben aus der Praxis in Form von betreuter Einzel- und Gruppenarbeit. In zwei Sonderterminen werden Versuche zur Mobilitätsdatenanalyse durchgeführt, wobei die Studierenden unter Aufsicht aktiv an der Versuchsdurchführung teilnehmen. Mit diesen Methoden lernen die Studierenden also beispielsweise, die wesentlichen Elemente einer Datenanalyse Pipeline für Mobilitätsdaten kennen und sind in der Lage selbst ein entsprechendes Framework mit Open-Source Software aufzubauen. Sie lernen die verschiedenen Möglichkeiten und Formate der Datensammlung, Aggregation und Speicherung kennen und können selbstständig Mobilitätsaufzeichnungen durchführen und die gesammelten Daten vorverarbeiten und auswerten.

### **Medienform:**

- Powerpoint-Präsentationen
- Jupyter-Notebooks
- Arbeit lokaler PC mittels Remote-Zugriff auf Serveranwendungen
- Arbeiten mit Python

### **Literatur:**

- Thomas A. Runkler, Data Mining: Methoden und Algorithmen intelligenter Datenanalyse, Vieweg +Teubner Verlag (2010)



- Baoguo Yang, Yang Zhang in Advanced Data Mining and Applications (2010)

**Modulverantwortliche(r):**

Lienkamp, Markus; Prof. Dr.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Praktikum Mobilitätsdatenanalyse (Praktikum, 4 SWS)

Lienkamp M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2438: Mobile Robotik in der Intralogistik | Mobile Robotics in Intralogistics [PMR]

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Übungsleistung (Testat in Form eines eTests auf Moodle, Bearbeitungsdauer 60 Minuten, keine Hilfsmittel erlaubt) nach Abschluss der Lernmodule des Praktikums. Darin sollen die Studierenden durch Beantworten von Fragen demonstrieren, dass sie Anwendungsfelder mobiler Robotik im Kontext der Intralogistik beschreiben können und die grundlegende Technik sowie Zusammenhänge und Herausforderungen beim Einsatz mobiler Roboter in der Intralogistik erklären können. Das Beantworten der Fragen erfordert teils eigene Formulierungen und teils das Auswählen aus vorgegebenen Mehrfachantworten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Im Praktikum sind gute Deutschkenntnisse notwendig, um den Inhalten folgen zu können und somit die Anforderungen erfüllen zu können.

Grundlegende Programmiererfahrung hilft bei der Bearbeitung der Praktikumsaufgaben, ist aber nicht zwingend erforderlich.

#### Inhalt:

- Überblick über die Anwendungsfelder und Einsatzbereiche mobiler Roboter im Bereich der Intralogistik
- Erarbeitung der grundlegenden Bausteine mobiler Roboter (Interaktion, Steuerung, Kinematik, Lokalisierung, Navigation, Maschinelle Wahrnehmung) anhand theoretischer Grundlagen, Praxisbeispielen und praktischer Übungen

- Lösen von aus der Praxis abstrahierten Aufgaben der Intralogistik in Kleingruppen mit einem auf dem Raspberry Pi basierenden Controller (BrickPi) und Lego Mindstorms EV3 Komponenten durch Kombination des gelernten Wissens im Rahmen einer zweitägigen Projektarbeit („Challenge“)

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- Anwendungsfelder mobiler Robotik im Kontext der Intralogistik zu verstehen und zu beschreiben
- Grundlegende Technik, Zusammenhänge und Herausforderungen beim Einsatz von mobilen Robotern zu erklären
- Verschiedene Bausteine mobiler Roboter mithilfe eines auf dem Raspberry Pi basierenden Controllers (BrickPi) und Lego Mindstorms EV3 Komponenten in der Praxis zu kombinieren, um Lösungen für grundlegende Problemstellungen aus der Intralogistik zu entwerfen und beispielhaft umzusetzen

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul findet in Form eines Praktikums statt. Zunächst werden die theoretischen Grundlagen mobiler Robotik mit Fokus auf die Intralogistik anhand der jeweils zweckdienlichsten Kombination aus Vortrag und Diskussion erklärt.

Die praktische Anwendung und Festigung der Theorieinhalte erfolgt durch selbstständige Entwicklung von Roboterprogrammen im Rahmen von Übungen und einer Projektarbeit in Teams („Challenge“). Dafür werden ein auf dem Raspberry Pi basierender Controller (Brick Pi) sowie Sensoren und Aktoren von Lego Mindstorms EV3 eingesetzt. Die Programmierung erfolgt in Python.

Im Rahmen der Übungen erstellen die Studierenden lernmodulspezifische Programme, um durch Anwendung der behandelten Theorie praktische Kenntnisse in den einzelnen Bereichen aufzubauen. Basierend auf den so erarbeiteten Fähigkeiten wird anschließend in der Challenge von den Studierenden ein Gesamtprogramm für den BrickPi zur Lösung einer aus der Praxis abstrahierten Aufgabenstellung aus der Intralogistik erstellt. Dafür wird eine künstliche Versuchsumgebung aufgebaut, welche Umgebungsbedingungen aus der Praxis beispielhaft nachstellt. Im Rahmen der Challenge können die Studierenden zeigen, dass Sie die Relevanz verschiedenen Bausteine verstehen und diese in der Praxis kombinieren können.

Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden online zur Verfügung gestellt.

### **Medienform:**

PowerPoint Präsentation via Beamer, Übungsunterlagen, Roboter mit BrickPi Controller und Lego Mindstorms EV3 Komponenten, künstliche Versuchsumgebung

### **Literatur:**

Thrun, Sebastian, Wolfram Burgard, and Dieter Fox. "Probabilistic Robotics. 2005. ISBN 0262201623."

Siciliano, Bruno, and Oussama Khatib, eds. Springer handbook of robotics. Springer, 2016.

Siegwart, Roland, Illah Reza Nourbakhsh, and Davide Scaramuzza. Introduction to autonomous mobile robots. MIT press, 2011.

Russell, Stuart J., and Peter Norvig. Artificial intelligence: a modern approach. Malaysia; Pearson Education Limited,, 2016.

Karimi, Hassan A., ed. Indoor wayfinding and navigation. CRC Press, 2015.

LaValle, Steven M. Planning algorithms. Cambridge university press, 2006.

**Modulverantwortliche(r):**

Fottner, Johannes; Prof. Dr.-Ing.

**Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Mobile Robotik in der Intralogistik (Praktikum, 4 SWS)

Ried F [L], Kauke D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2451: Praktisches Deep Learning | Hands-on Deep Learning

Fakultät für Maschinenwesen

Modulbeschreibungsversion: Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 60	<b>Präsenzstunden:</b> 60

\* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulnote basiert auf einer Präsentation (20 min) und einem Kurzbericht, in dem die Studierenden ihr Wissen über die zugrunde liegende Theorie und ihre Fähigkeit zur Anwendung von Deep Learning Algorithmen auf reale Datensätze nachweisen sollen. Eine kritische Bewertung der erzielten Ergebnisse und die Einordnung der entwickelten Methode in die Literatur ist ebenfalls durchzuführen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in linearer Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie Programmiererfahrung in einer beliebigen Sprache. Kenntnisse in Python und PyTorch sind hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich. Wichtige Grundlagen werden zu Beginn des Praktikums behandelt.

#### Inhalt:

Das Praktikum bietet eine praktische Einführung in Deep Learning, bei der die Studierenden wesentliche Deep Learning Algorithmen selbst implementieren. Zu den behandelten Themen gehören tiefe neuronale Netze für Regression und Klassifikation, Convolutional Neural Networks, Sequenzmodellierung mit rekurrenten und long short-term memory Netzen, Dimensionsreduktionsalgorithmen wie Autoencoder und generative Methoden, z.B. generative adversarial networks und variational autoencoder.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden

- mit verschiedenen Deep Learning Algorithmen vertraut und verstehen die wichtigsten Unterschiede zwischen ihnen
- in der Lage, die grundlegenden Konzepte des Trainings neuronaler Netze wie Backpropagation, Over/Underfitting, Kreuzvalidierung, Regularisierung, frühes Anhalten usw. zu erklären
- fähig, das Machine Learning Paket Pytorch zu verwenden, um Deep Learning auf reale Datensätze anzuwenden
- in der Lage, Verbesserungen für Deep Learning Pipelines zu entwickeln

### **Lehr- und Lernmethoden:**

Bei diesem Modul handelt es sich um ein Hochschulpraktikum. Die Konzepte und Algorithmen werden in einer einstündigen Präsentation vorgestellt. Danach werden Übungsprobleme entweder einzeln oder in Gruppen gelöst. Die Probleme werden in Form von Übungsblättern bereitgestellt, die detaillierte Anweisungen enthalten, um die Studierenden zur Lösung zu führen. Während dieser Zeit können auftretende Fragen von Studierenden beantwortet werden. Die wichtigsten Lernziele werden durch die geführten Übungsblätter erarbeitet. Die letzten Termine sind für Gruppenprojekte reserviert, durch welche die Studierenden lernen die grundlegenden Konzepte des Trainings neuronaler Netze wie Backpropagation, Over/Underfitting, Kreuzvalidierung, Regularisierung, frühes Aufhören usw. erklären zu können, mit der Machine Learning Bibliothek PyTorch Deep Learning auf reale Datensätze anzuwenden, sowie Deep Learning Pipelines zu entwickeln und zu verbessern.

### **Medienform:**

Folien, Übungsblätter mit Lösungen inklusive Python Code

### **Literatur:**

Literaturempfehlungen werden im Laufe des Praktikums gegeben.

### **Modulverantwortliche(r):**

Zavadlav, Julija; Prof. Dr.

### **Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):**

Praktisches Deep Learning (Praktikum, 4 SWS)

Zavadlav J [L], Thaler S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Alphabetisches Verzeichnis der Modulbeschreibungen

### A

---

<b>[MW2463] Additive Fertigung mit Kunststoffen</b>   Additive Manufacturing with Plastics	172 - 173
<b>Allgemeine Mastermodule aus dem Maschinenwesen</b>   General Master Modules in Mechanical Engineering	166
<b>Angebote Carl-von-Linde-Akademie</b>   Carl-von-Linde-Akademie	191
<b>Angebote der Professuren im Maschinenwesen</b>	195
<b>Angebote Sprachenzentrum</b>   Language Center	187
<b>Angebote Zentrum für Schlüsselkompetenzen</b>   Center of Key Competencies	181
<b>[MW1628] Angewandte CFD</b>   Applied CFD	53 - 54
<b>[CH3063] Angewandte Elektrochemie</b>   Applied Electrochemistry	91 - 92
<b>[MW1147] Auslegung thermischer Apparate</b>   Equipment Design [ATA]	151 - 152
<b>[MW2227] A Practical Course in Numerical Methods for Engineers</b>   A Practical Course in Numerical Methods for Engineers	219 - 220
<b>[CH3126] Aerosole: Bedeutung, Vorkommen und deren Charakterisierung</b> <b>3CR</b>   Aerosol Characterization	201 - 203

### B

---

<b>[BV340015] Bahnmodul im Verkehrswegebau</b>   Railway module	199 - 200
<b>[CH0215] Betrieb und Auslegung chemischer Reaktoren</b>   Operation and Design of Chemical Reactors	125 - 127
<b>[MW0376] Biofluid Mechanics</b>   Biofluid Mechanics	140 - 141
<b>[MW1145] Bioproduktaufarbeitung 1</b>   Bioseparation Engineering 1 [BSE1]	147 - 148
<b>[MW1146] Bioproduktaufarbeitung 2</b>   Bioseparation Engineering 2 [BSE2]	149 - 150
<b>[MW0018] Bioprozesse</b>   Bioprocesses	134 - 135
<b>[MW0019] Bioreaktoren</b>   Bioreaction Engineering	136 - 137

### C

---

<b>Campus Straubing</b>	174
<b>[MW0210] CFD-Simulation thermischer Prozesse</b>   CFD-Simulation of Thermal Processes [CSTP]	209 - 211
<b>Chemie</b>	177
<b>[MW2202] Chemische Reaktortechnik</b>   Chemical Reactors	158 - 159
<b>[MW2410] Chromatographie mit ChromX (.) Simulationsseminar</b>   Chromatography with ChromX ( ) Simulation Seminar [ChromX]	162 - 164

<b>[CH1318] Computational Fluid Dynamics (CFD) mit Open-Source-Software  </b> Computational Fluid Dynamics (CFD) with Open-Source-Software	177 - 179
---	-----------

## D

---

<b>[MW1969] Desalination  </b> Desalination	153 - 154
<b>[MW2446] Digital Ergonomics  </b> Digital Ergonomics [Digital Ergonomics]	230 - 232

## E

---

<b>[MW0799] Einführung in die Kernenergie  </b> Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]	65 - 67
<b>[EI71061] Electrical and Optical Systems for Bioanalytics  </b> Electrical and Optical Systems for Bioanalytics [Electrical and Optical Systems for Bioanalytics]	204 - 205
<b>[MW2466] Elektrische Antriebstechnik in der Automatisierungstechnik - Auswahl und Auslegung  </b> Electric Drive Technology in Automation Engineering - Selection and Design	240 - 242
<b>[MW2244] Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen mit Seminar  </b> Energy from Biomass and Residuals with Seminar	80 - 82
<b>Energetische Maschinen und Komponenten  </b> Energy Technology Machines and Components	90
<b>Energetische Systeme  </b> Energy Systems	55
<b>Englisch  </b> English	187
<b>[SZ0423] Englisch - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1  </b> English - English for Technical Purposes - Industry and Energy Module C1	189 - 190
<b>[SZ0413] Englisch - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1  </b> English - Professional English for Business and Technology - Management and Finance Module C1	187 - 188
<b>Ergänzungsfächer  </b> Supplementary Subjects	198
<b>Ergänzungsfächer  </b> Supplementary Subjects	199
<b>[MW2457] Ethikanträge in der Mensch-Technik Forschung  </b> Ethical Proposals in Human-Machine Research [EAMTF]	195 - 197
<b>[CLA20230] Ethik und Verantwortung  </b> Ethics and Responsibility	193 - 194

## F

---

<b>[MW0612] Finite Elemente  </b> Finite Elements [FE]	49 - 50
--	---------



<b>[MW2452] Finite Elemente in der Fluidmechanik</b>   Finite Elements in Fluid Mechanics [FEF]	233 - 234
<b>[MW0510] Flugantriebe 1 und Gasturbinen</b>   Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]	103 - 105
<b>[MW2399] Forschungspraktikum</b>   Practical Research Course	17 - 19
<b>Forschungspraxis</b>   Research Practice	11

## G

---

<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	40 - 42
<b>[MW2454] Gefügemodifikation durch Additive Fertigung</b>   Microstructural Modifications in Additive Manufacturing	235 - 236
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	51 - 52
<b>[CH3065] Grundlagen der Elektrochemie</b>   Fundamental Electrochemistry	38 - 39
<b>[MW0050] Grundlagen der Mehrphasenströmungen mit Seminar</b>   Fundamentals of Multiphase Flows with Seminar [GMS]	25 - 27
<b>[MW0884] Grundlagen der Nukleartechnik</b>   Fundamentals of Nuclear Engineering [NUK 2]	68 - 71
<b>[EI0611] Grundlagen Elektrischer Energiespeicher</b>   Basics of Electrical Energy Storage	93 - 94
<b>[MW0964] Grundlagen und thermohydraulische Analyse von Kraftwerken</b>   Fundamentals and Thermal-Hydraulic Analysis of Power Stations [NUK4]	108 - 110

## H

---

<b>Hochschulpraktika</b>   Lab Courses	245
<b>Hochschul-Praktika</b>   Lab Courses	246

## I

---

<b>[CH3094] Industrielle Chemische Prozesse 1 - Katalyse für Energie</b>   Industrial Chemical Processes 1 - Catalysis for Energy	128 - 129
<b>[CH3095] Industrielle Chemische Prozesse 2 - Katalyse für Synthese</b>   Industrial Chemical Processes 2 - Catalysis for Synthesis	130 - 131
<b>Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung</b>   Flexibilization in Engineering Sciences	165

**[EI70860] Integration of Renewable Energies** | Integration of Renewable Energies [IRE] 56 - 57

## K

---

**[MW2427] Kernfusionstechnik** | Nuclear Fusion Technology [Kernfusionstechnik]  
**Kernmodule** 113 - 117  
25

## M

---

**[MW2461] Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models** | Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models [MLUQPBM] 237 - 239

**[MW2445] Machine-Learning-basierte Modellierung in der Strukturdynamik** | Machine Learning Based Modeling in Structural Dynamics [MLM] 227 - 229

**Mastermodule** | Master Modules 20

**[MW2148] Master Soft Skill Workshops** | Master Soft Skill Workshops 181 - 183

**[MW1266] Master's Thesis** | Master's Thesis [Thesis] 8 - 10

**Master's Thesis** | Master's Thesis 8

**[EI7468] Mathematische Methoden zur Ausbau- und Einsatzplanung in modernen Energiesystemen** | Mathematical Modeling for expansion and dispatch planning in modern energy systems [MAE] 60 - 61

**[MW2393] Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren** | Multi-step Additive Manufacturing [Mehrstufige Additive Fertigungsverfahren] 221 - 223

**[MW2131] Menschliche Zuverlässigkeit** | Human Reliability [Menschliche Zuverlässigkeit] 170 - 171

**[LRG0300] Mensch und Luftfahrt** | Humans in Aviation 206 - 208

**[MW0633] Methoden in der Motorapplikation** | Methods in Engine Application 106 - 107

**Methodische Grundlagen** | Methodological Fundamentals 24

**[MW2438] Mobile Robotik in der Intralogistik** | Mobile Robotics in Intralogistics [PMR] 274 - 276

**[MW2436] Mobilitätsdatenanalyse** | Mobility Data Analysis [MDA] 271 - 273

**[MW2152] Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems** | Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems 77 - 79

**[MW2390] Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse** | Modeling of chemical engineering processes [MVP] 35 - 37

**[EI70870] Modellierung von Energiesystemen** | Modeling of Energy Systems 58 - 59

**[MW1141] Modellierung zellulärer Systeme** | Modelling of Cellular Systems [ModSys] 145 - 146

<b>[MW0538] Moderne Methoden der Regelungstechnik 1</b>   Modern Control 1	43 - 46
<b>[MW0066] Motormechanik</b>   Engine Mechanics [VM-MM]	98 - 100
<b>[MW0138] Motorthermodynamik und Brennverfahren</b>   Thermodynamics of Internal Combustion Engines and Combustion Processes [VM-TB]	101 - 102

## N

---

<b>[MW2414] Numerische Akustik in Python</b>   Computational Acoustics in Python	267 - 268
--	-----------

## O

---

<b>[MW2249] Optimierung und Modellanalyse</b>   Optimization and Model Analysis [OptBiotech]	32 - 34
--	---------

## P

---

<b>Pflichtmodul</b>   Required Module	21
<b>[MW1977] Planung thermischer Prozesse</b>   Process Design [PTP]	155 - 157
<b>[MW2430] Praktikum Batterieproduktion</b>   Laboratory Production [LIBP]	269 - 270
<b>[EI78032] Praktikum Design und Simulation von Mikroelektromechanischen Systemen (MEMS)</b>   Lab on Design and Simulation of Microelectromechanical Systems (MEMS)	252 - 254
<b>[EI78021] Praktikum In Vitro Diagnostik</b>   In vitro Diagnostics - Practical Course [IVD - Praktikum]	246 - 248
<b>[EI78030] Praktikum Robot Modelling and Identification</b>   Robot Modelling and Identification Lab	249 - 251
<b>[MW2451] Praktisches Deep Learning</b>   Hands-on Deep Learning	277 - 278
<b>[CS0003] Production of alternative fuels</b>   Production of alternative fuels	132 - 133
<b>[EI78053] Project Laboratory Brain-Computer Interfaces</b>   Project Laboratory Brain-Computer Interfaces [PPBCI]	264 - 266
<b>[EI78050] Project Laboratory Electrochemistry and Biosensors</b>   Project Laboratory Electrochemistry and Biosensors [PPECHEMBIO]	255 - 257
<b>[EI78051] Project Laboratory Microfluidics – Design, Fabrication, and Application</b>   Project Laboratory Microfluidics – Design, Fabrication, and Application [PPMIFLU]	258 - 260
<b>[EI78052] Project Laboratory Neuroelectronics</b>   Project Laboratory Neuroelectronics [PPNEURO]	261 - 263

<b>[MW0058] Prozesstechnik in Kraftwerken</b>   Process Technology in Power Plants	95 - 97
<b>[MW0437] Prozess- und Anlagentechnik</b>   Process and Plant Engineering [PAT]	142 - 144

## R

---

<b>[MW1896] Reaktionsthermodynamische Grundlagen für Energiesysteme</b>   Basic Course in Reaction Thermodynamics	30 - 31
<b>[PH2050] Reaktorphysik 1 und Anwendungen der Kerntechnik</b>   Reactor Physics 1 and Applications of Nuclear Technology	118 - 120
<b>[PH2051] Reaktorphysik 2 und neue Konzepte in der Kerntechnik</b>   Reactor Physics 2 and new Concepts in Nuclear Technology	121 - 123
<b>[MW0867] Roboterdynamik</b>   Robot Dynamics	167 - 169
<b>[WZ1339] Robotics and Automation in Agriculture</b>   Robotics and Automation in Agriculture	243 - 244

## S

---

<b>Schlüsselkompetenzen</b>   Key Competencies	180
<b>[MW1241] Semesterarbeit</b>   Term Project	12 - 13
<b>[MW2396] Signalverarbeitung in der Vibroakustik</b>   Vibro-acoustic Signal Processing	224 - 226
<b>[MW2223] Soft Skill Trainings in Kooperationsprojekten</b>   Soft Skill Trainings in Project Cooperations	184 - 186
<b>[MW1814] Solarthermische Kraftwerke</b>   Solarthermal Power Plants	75 - 76
<b>[MW2428] Solar Engineering</b>   Solar Engineering [SolEng]	86 - 89
<b>[MW1353] Strahlung und Strahlenschutz</b>   Radiation and Radiation-Protection [NUK 7]	72 - 74
<b>[MW2185] Stromnetze</b>   Power Grids [SN]	216 - 218
<b>[MW2392] Strom- und Wärmespeicher im Energiesektor</b>   Electricity and Thermal Storage in the Energy Sector [SWS]	83 - 85
<b>[CS0124] Sustainable Production</b>   Sustainable Production [SP]	174 - 176

## T

---

<b>[MW2398] Teamprojekt</b>   Team Project	14 - 16
<b>[CLA20210] Technikphilosophie</b>   Philosophy of Technology	191 - 192
<b>[MW0127] Thermische Kraftwerke</b>   Thermal Power Plants	62 - 64

<b>[MW0129] Thermische Verfahrenstechnik 2</b>   Thermal Separation Principles 2 [TVT II]	138 - 139
<b>[MW2119] Turbomaschinen</b>   Turbomachinery	111 - 112
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	47 - 48

## U

---

<b>[MW2258] Umweltbioverfahrenstechnik</b>   Environmental and Biochemical Engineering	160 - 161
--	-----------

## V

---

<b>[MW0136] Verbrennung</b>   Combustion <b>Verfahrenstechnik</b>   Process Technology	28 - 29 124
---	----------------

## W

---

<b>[MW0006] Wärme- und Stoffübertragung</b>   Heat and Mass Transfer [WSÜ] <b>Weitere Säulenmodule</b>	21 - 23 38
---	---------------

## Z

---

<b>[MW1806] Zeitdiskrete Systeme und Abtastregelung</b>   Discrete-Time Systems and Control	212 - 215
---	-----------